



Fakultät

Maschinenbau, Fahrzeugtechnik und Flugzeugtechnik

Optimale Wertschöpfung im System Luftverkehr- Der Beitrag der Airlines

Betreut durch:	Prof. Dr.-Ing. Alexander Knoll Thomas Standfuß, M.Sc.
Verfasserin:	Jeanine Rösicke
Matrikelnummer:	66803013
Studiengang:	Flugzeugtechnik
Studienrichtung:	Luft- und Raumfahrttechnik
Fachsemester:	8
Arbeit eingereicht am:	05.07.2017

*In Kooperation mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt
und der Deutschen Flugsicherung GmbH*



Danksagung

An dieser Stelle möchte ich all jenen danken, die durch ihr Engagement zum Gelingen dieser Bachelorarbeit beigetragen haben.

Nach ausführlicher Recherche im Internet im September 2016 stieß ich auf die Ausschreibung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Kooperation mit der Deutschen Flugsicherung GmbH (DFS) für eine Bachelorarbeit zum Thema "Optimale Wertschöpfung im System Luftverkehr- Der Beitrag der Airlines" und wusste sofort, das ist mein Thema.

Dass die Erstellung dieser Arbeit die Integration verschiedener Akteure notwendig machte, welche einerseits die Airlines und andererseits die Flugsicherungen waren, empfand ich als herausfordernd und äußerst interessant. Ebenso die Koordination zwischen DLR und DFS. Außerdem hatte ich durch das Thema die Möglichkeit, mich mit Zukunftsvisionen und technischem Fortschritt zu beschäftigen und durch meine Arbeit zu einer ganzheitlichen und nachhaltigen Wertschöpfung beizutragen.

Ich danke hiermit meinem Betreuer, Herrn Thomas Standfuß, vom Institut für Flugführung der Abteilung Luftverkehrssysteme des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt, der mich mit all seinen Mitteln unterstützte und so zum Gelingen dieser Bachelorarbeit vorrangig beitrug. Mit seinem breiten Fachwissen stand er mir auf seine humorvolle Art stets zur Seite und lenkte meine Gedankengänge in die richtige Richtung.

Danken möchte ich außerdem meinem zweiten Betreuer, Herrn Dr. Matthias Whittome, von der Deutschen Flugsicherung GmbH für seine wertvollen Anregungen. Durch seine Kompetenz im Bereich des ATM konnte er mich jederzeit fachlich unterstützen.

Mein weiterer Dank gilt meinem Professor, Herrn Dr.-Ing. Alexander Knoll, der sich sofort bereit erklärte, diese Bachelorarbeit akademisch zu betreuen und zu bewerten. Als einer der wichtigsten Professoren im Fachbereich Luft- und Raumfahrtstechnik an der Hochschule für angewandte Wissenschaften in München unterrichtete er mich in den Bereichen Flugzeugsysteme und Flugregelung. Außerdem begleitete er mich beim versuchstechnischen Praktikum A320. Herzlichen Dank an ihn für diese interessante Erfahrung.

Mein besonderer Dank gilt meiner Mutter. Sie hat meine Bachelorarbeit nicht nur Korrektur gelesen, sondern mir auch wichtiges Feedback zum Inhalt und Layout der Arbeit gegeben. Unabhängig davon hat sie mich während meiner gesamten Studienzeit jederzeit in all meinen Entscheidungen unterstützt.

Zuletzt möchte ich mich bei meiner Familie und meinen Freunden bedanken. Ohne sie hätte ich meine Studienzeit sicherlich nicht mit so viel Freude verbracht und mein Studium nicht so erfolgreich abgeschlossen.

Kurzzusammenfassung

Diese Bachelorarbeit untersucht die Wertschöpfungsprozesse des Air Traffic Managements und der Airlines, um ungenutztes Wertschöpfungspotential aufzudecken. Es werden detaillierte Handlungsempfehlungen gegeben, wie dieses ruhende Potential zu aktivieren ist und wie auf diese Weise die Unternehmensperformance gesteigert bzw. das Überleben des Unternehmens gesichert werden kann.

So wird das europäische Gebührenmodell bezüglich der Streckengebühren überarbeitet und mit einem für alle Single European Sky-Mitgliedsstaaten einheitlichen Gebührensatz ausgestattet. Für das Gebührenmodell wird unter Berücksichtigung von aufgedeckten Schwächen eine neue Formel zur Berechnung der Streckengebühren entwickelt und anschließend implementiert. Diese Formel berücksichtigt nicht mehr das Flugzeuggewicht, sondern die Zeitdauer des aktiven Funkkontaktes zwischen Air Traffic Control und Piloten. Die Gebührenberechnung der Air Traffic Control wird damit individueller und gerechter, da sie im Verhältnis zum verursachten Aufwand steht. Die künftigen Zahlungen der Airlines würden in Zukunft in Proportion zur erhaltenen Dienstleistung stehen.

Die aktuell von europäischen Airlines verwendeten Strategien werden geprüft und taktische Handlungsempfehlungen zu ihnen unterbreitet. Es erfolgt eine Präsentation von konkreten Vorschlägen, zum Beispiel in Bezug auf Veränderungen im zu bedienenden Streckenbereich. Außerdem geht diese Arbeit auf die verschiedenen Streckennetztypen ein und leitet für Airlines, die bestimmte Strategien verfolgen, Handlungsempfehlungen dahingehend ab, ob diese Veränderungen bezüglich des aktuell verwendeten Streckennetztypen im Sinne einer Effizienzsteigerung in Erwägung ziehen sollten. Ein weiteres Gebiet, mit dem sich die vorliegende Arbeit beschäftigt, zielt auf Neuerungen bis hin zu Innovationen in der Entwicklung von neuen Flugzeugen ab. Dieser Sachverhalt wird aus dem Grund belichtet, da die Integration derartiger Neuentwicklungen den Airlines, beispielsweise im Zuge einer Flottenmodernisierung, Wettbewerbsvorteile eröffnet.

Schließlich werden Zukunftsvisionen sowohl für die nähere als auch für die fernere Zukunft aufgezeigt. In diesem Zusammenhang wird auf die technische Innovation der 4D-Trajektorien eingegangen und der durch sie mögliche Fortschritt in Bezug auf die gesamte Luftfahrtbranche wird herausgearbeitet. Speziell wird auf den Mehrwert für die Airlines und das Air Traffic Management eingegangen.

Während der gesamten Ausarbeitung werden die fünf Faktoren des Air Traffic Managements im Auge behalten- die Sicherheit, die Umwelt, die Kosten, die Kapazität und das Verkehrsaufkommen- ganz im Sinne einer ganzheitlichen, nachhaltigen Wertschöpfung.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	I
Kurzzusammenfassung	II
Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	VIII
Abkürzungsverzeichnis	IX
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Ziel	2
1.3 Problemstellung	3
1.4 Aufbau der Arbeit	4
2 Allgemeines zum Thema Luftfahrt	5
2.1 Deregulierung des europäischen Luftverkehrs	5
2.2 Entwicklung der europäischen Luftfahrt unter Berücksichtigung wesentlicher Kenngrößen	5
2.3 Positive Auswirkungen der Luftfahrt	7
2.3.1 Arbeitsplätze	7
2.3.2 Ökonomische Leistungsfähigkeit	8
2.4 Negative Auswirkungen der Luftfahrt	9
2.4.1 Schadstoffemissionen	9
2.4.2 Lärmemissionen	14
2.4.3 Landschafts- und Ressourcenverbrauch	14
2.4.4 Zwischenfazit	16
3 Luftverkehrsmanagement- Air Traffic Management	17
3.1 Präsentation des Air Traffic Managements	17
3.2 Relevante Aspekte des Air Traffic Managements	17
3.2.1 Sicherheit	17
3.2.2 Umwelt	18
3.2.3 Kapazität	20
3.2.4 Kosteneffizienz	23
3.3 Single European Sky-Konzept	24
3.4 SESAR-Konzept	26
3.5 Zwischenfazit	26

3.6 Vergleich der europäischen und amerikanischen Air Traffic Control.....	27
4 Der Beitrag der Airlines zur optimalen Wertschöpfung im System Luftverkehr	29
4.1 Betrachtung von Airline-Strategien und deren Auswirkungen auf die Effizienz und Wertschöpfung des Luftverkehrs.....	29
4.1.1 Netzwerk-Carrier	29
4.1.2 Low-Cost-Carrier.....	31
4.1.3 Leisure-Carrier	33
4.1.4 Regional-Carrier.....	34
4.2 Hub-and-Spoke-System vs. Point-to-Point-Verbindung.....	35
4.2.1 Hub-and-Spoke-System	35
4.2.2 Lufthansa Group: Primärhub, Sekundärhub und Integrated Operations Control Center.....	39
4.2.3 Point-to-Point-System	40
4.3 Abschließende Schlussfolgerung der Analyse der Airline-Strategien	41
4.3.1 Netzwerk-Carrier	41
4.3.2 Low-Cost-Carrier.....	42
4.3.3 Leisure-Carrier	43
4.3.4 Regional-Carrier.....	43
4.3.5 Zwischenfazit	44
4.3.6 Strategieübergreifende Problematik	44
4.4 Weitere zukünftige Maßnahmen zur Optimierung eines effizienten Flugablaufs.....	44
4.5 Herausforderungen der Airlines	47
4.6 Flughafenentgelte der Airlines.....	48
4.6.1 Lärmzuschläge.....	49
4.6.2 Emissionsentgelt	49
4.6.3 Bewegungsentgelt: Start- und Landegebühren.....	49
4.6.4 PRM-Entgelt.....	50
4.6.5 Sicherheitsentgelt.....	50
4.6.6 Weitere Entgelte.....	50
4.6.7 Luftsicherheitsgebühr	50
5 Der Beitrag der Flugsicherungen zur optimalen Wertschöpfung im System Luftverkehr	51
5.1 Die wirtschaftliche Bedeutung der Flugsicherung.....	51
5.2 Die Flugsicherung als natürliches Monopol des Luftverkehrssystems	51
5.3 Die Aufgaben der Flugsicherung.....	52
5.4 Entwicklung eines neuen Gebührenmodells.....	53
5.4.1 Das derzeitige Gebührenmodell Europas	53

5.4.2 Das derzeitige Modell der USA	55
5.4.3 Vor- und Nachteile der Steuer- und Nutzerfinanzierung	57
5.4.4 Zwischenfazit	58
5.5 Problematik des europäischen Gebührenmodells und mögliche Lösungsansätze.....	58
5.5.1 Problem 1: Arbeitsaufwand der Flugsicherung	58
5.5.2 Problem 2: Umweltbelastung.....	59
5.5.3 Problem 3: Gebührensätze.....	60
5.5.4 Problem 4: Zeitaufwand der Flugsicherung	60
5.5.5 Problem 5: Berücksichtigung des MTOW	61
5.6 Resultat: Das neue Gebührenmodell	62
6 4D-Trajektorien	68
6.1 Aktueller Stand der Technik und Konzeptklärung.....	68
6.2 Einflüsse der 4D-Trajektorien.....	69
6.3 Fazit und Zukunftsausblick.....	71
7 Auswertung.....	73
7.1 Fazit und Zukunftsausblick bezüglich der Airline-Strategien.....	73
7.2 Fazit und Zukunftsausblick bezüglich der Flugsicherungen.....	74
8 Schlusswort.....	75
Literaturverzeichnis	i
Eidesstattliche Erklärung	iv

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Entwicklung verschiedener Parameter von 2006 bis 2015	6
Abbildung 2.2: Arbeitsplätze in der Luftfahrt weltweit.....	7
Abbildung 2.3: Bruttoinlandsprodukt von fünf EU-Staaten des Jahres 2016	8
Abbildung 2.4: Entwicklung des BIP in der EU und der Euro-Zone von 2006 bis 2016	9
Abbildung 2.5: Flugverlauf von Frankfurt am Main nach Miami.....	11
Abbildung 2.6: Flugverlauf von Frankfurt am Main nach Tokio-Haneda.....	12
Abbildung 2.7: Entstehende Schadstoffe durch Kraftstoffverbrennung	13
Abbildung 2.8: Entwicklung des Treibstoffverbrauchs im Vergleich zur Transportleistung	15
Abbildung 3.1: Vorgefallene Unfälle in den Jahren von 2006 bis 2015	18
Abbildung 3.2: Entwicklung der tatsächlichen Flugrouten und der geplanten Trajektorien	18
Abbildung 3.3: Durchschnittliche Verspätung pro Flug verursacht durch das ATM	20
Abbildung 3.4: Durchschnittliche Verspätung pro Flug unterschiedlicher Verursacher.....	21
Abbildung 3.5: Unterschiedliche Staffeldichten in europäischen Staaten	21
Abbildung 3.6: Pünktliche An- und Abflüge in Europa in Prozent.....	22
Abbildung 3.7: Entwicklung der Kosteneffizienz des ATM	23
Abbildung 3.8: Mitgliedsstaaten der EUROCONTROL und Anwendung des SES Performance Schemas	24
Abbildung 3.9: Aufteilung des europäischen Luftraums in Luftraumblöcke	26
Abbildung 3.10: Vergleich der Lage der Sperrgebiete in Europa und in den USA.....	28
Abbildung 4.1: Tageszeitliche Schwankung des Nachfrage-Verhaltens.....	34
Abbildung 4.2: Nabe-Speiche-System	35
Abbildung 4.3: Bündelung von Verkehrsströmen	36
Abbildung 4.4: Grundprinzip eines Hinterland-Hubs	38
Abbildung 4.5: Economies of Scale-Effekte bei Airlines.....	39
Abbildung 4.6: Schema des Point-to-Point-Verkehrs	41
Abbildung 4.7: Beispiel eines Point-to-Point-Systems.....	41
Abbildung 4.8: Anteile der Einflussfaktoren auf den CO ₂ -Ausstoß in Prozent	45
Abbildung 4.9: Positive Aspekte der A320neo	46
Abbildung 4.10: Zusammensetzung der Flughafenentgelte an deutschen Flughäfen	49

Abbildung 5.1: Entwicklung des Streckengebührensatzes in Deutschland von 2015 bis 2017	55
Abbildung 5.2: Regulatorische Kosten der Airlines	55
Abbildung 5.3: Darstellung der zwei verschiedenen Überflugbereiche (En-Route und Oceanic).....	56
Abbildung 6.1: Schema einer Free Flight Trajektorie	71
Abbildung 6.2: Schema eines vom FMS berechneten Flugverlaufs	71

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: CO ₂ -Ausstoß und Kraftstoffverbrauch nach Flugzeugtyp und Strecke.....	10
Tabelle 2.2: CO ₂ -Ausstoß insgesamt.....	11
Tabelle 2.3: Maßnahmen zur Senkung des Rohstoffverbrauchs.....	15
Tabelle 3.1: Vergleich der tatsächlichen Flugroute mit der geplanten Trajektorie und daraus abgeleitete Umwege.....	19
Tabelle 3.2: Vergleich des ATM in Europa und in den USA.....	27
Tabelle 4.1: Mögliche Geschäftsmodelle einer Airline.....	29
Tabelle 4.2: Kostenvergleich eines Flugtickets unterschiedlicher Anbieter von Frankfurt am Main nach Fort Lauderdale.....	33
Tabelle 4.3: Berechnung der erforderlichen Flüge unter Verwendung eines Hub-and-Spoke- Systems	37
Tabelle 4.4: Berechnung der erforderlichen Flüge unter Verwendung eines Point-to-Point- Systems	37
Tabelle 4.5: Beitrag zur Wertschöpfung im Luftverkehr durch ein Hub-and-Spoke-System	38
Tabelle 4.6: Prozesse und Aufgabenbereiche des Integrated Operations Control Centers...	40
Tabelle 4.7: Zukünftiges Konzept der Streckenbedienung.....	44
Tabelle 4.8: Vergleich der verschiedenen Ausführungen des Flugzeugmodells B737	45
Tabelle 4.9: Angaben für PLF- und WLF-Berechnung	47
Tabelle 4.10: Zusammenfassung der Ergebnisse der PLF- und WLF-Berechnung.....	48
Tabelle 5.1: Vergleich der Gebührensätze verschiedener europäischer Länder der Jahre 2012 und 2017	54
Tabelle 5.2: Geplante Gebührenerhöhung von 2017 bis 2019 für En-Route und ozeanische Überflüge.....	57
Tabelle 5.3: Vergleich der Streckengebühren bei Zugrundelegung des alten und neuen Gebührenmodells.....	63
Tabelle 5.4: Vergleich der Gebühren nach dem alten und neuen Modell.....	65

Abkürzungsverzeichnis

AATF	–	Aircraft and Airway Trust Fund
AFMS	–	Advanced Flight Management System
ANS	–	Air Navigation Service
ANSP	–	Air Navigation Service Provider
APP	–	Approach Control
ATC	–	Air Traffic Control
ATFM	–	Air Traffic Flow Management
ATM	–	Air Traffic Management
BDF	–	Bundesverband der Deutschen Fluggesellschaften
BDL	–	Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft e.V.
CDA	–	Continuous Descent Approach
CO	–	Kohlenstoffmonoxid
CO ₂	–	Kohlenstoffdioxid
dB	–	Dezibel
DFS	–	Deutsche Flugsicherung GmbH
DLR	–	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
EU	–	Europäische Union
FC	–	Flight Cycle
FH	–	Flight Hour
FLL	–	IATA-Flughafen-Code für Fort Lauderdale
FMS	–	Flight Management System
FRA	–	IATA-Flughafen-Code für Frankfurt am Main
FS	–	Flugsicherung
GDF	–	Gewerkschaft der Deutschen Flugsicherung
HND	–	IATA-Flughafen-Code für Tokio-Haneda

HSS	–	Hub-and-Spoke-System
IATA	–	International Air Transport Association
ICAO	–	International Civil Aviation Organization
IFR	–	Instrumental Flight Rules
IOCC	–	Integrated Operations Control Center
KPA	–	Key Performance Area
KPI	–	Key Performance Indicator
LC	–	Leisure-Carrier
LCC	–	Low-Cost-Carrier
LH	–	Lufthansa
LPP	–	Lean Premixed Prevaporized
MIA	–	IATA-Flughafen-Code für Miami
MTOW	–	Maximum Take Off Weight
MUC	–	IATA-Flughafen-Code für München
NC	–	Netzwerk-Carrier
neo	–	New Engine Option
NLF	–	Nutzladefaktor
NOx	–	Stickoxid
OEM	–	Original Equipment Manufacturer
OF	–	Overflight Fee
PAX	–	Passagier
PRB	–	Performance Review Board
PRC	–	Performance Review Commission
PRU	–	Performance Review Unit
PRR	–	Performance Review Report
PLF	–	Passenger Load Factor

PKT	–	Passenger Kilometers Transferred
PTP	–	Point-to-Point
RC	–	Regional-Carrier
RTK	–	Revenue Tonne Kilometers
RQL	–	Rich Burn, Quick Quench, Lean Burn
SLF	–	Sitzladefaktor
SES	–	Single European Sky
SESAR	–	Single European Sky ATM Research
SKO	–	Seat Kilometers Offered
SU	–	Service Unit (Streckendienstleistungseinheit)
SUA	–	Special Use Area
SWIM	–	System Wide Information Management
TKM	–	Tonnenkilometer
TKO	–	Tonne Kilometers Offered
TRA	–	Temporary Reserved Airspace
TRACON	–	Terminal Radar Approach Control
TXL	–	IATA-Flughafen-Code für Berlin-Tegel
TKT	–	Tonne Kilometers Transferred
UHC	–	Unverbrannte Kohlenwasserstoffe
UK	–	United Kingdom
WLF	–	Weight Load Factor
ZI	–	Zentrale Infrastruktur

1 Einleitung

Diese Bachelorarbeit wurde in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt und der Deutschen Flugsicherung GmbH verfasst. Insbesondere wurde diese Ausarbeitung vom Institut für Flugführung der Abteilung Luftverkehrssysteme des DLR mit Sitz in Braunschweig unterstützt.

1.1 Motivation

Die Motivation, eine Bachelorarbeit über das Thema „Optimale Wertschöpfung im System Luftverkehr – Der Beitrag der Airlines“ zu verfassen, rührt daher, dass die zivile Luftfahrt seit ihrem Beginn Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts mit einem Wachstum konfrontiert ist. Das steigende Luftverkehrsaufkommen und die zunehmende Fokussierung der Öffentlichkeit stellen alle beteiligten Stakeholder vor ständig neue Herausforderungen. Als wichtiger Bestandteil des internationalen Verkehrssystems trägt die zivile Luftfahrt zur Globalisierung und Entwicklung der Weltwirtschaft bei.

Im Zuge der Wertschöpfungskette des Luftverkehrssektors sind drei Hauptakteure zur Erbringung des Endprodukts, welches die Transportleistung von Passagieren und Fracht umfasst, beteiligt. Dies sind die Airlines, die Flughäfen und die Flugsicherung, die mit ihren zu erbringenden Leistungen einen Einfluss auf die Wertschöpfung haben. Der Luftverkehrssektor weist eine hohe gesamtwirtschaftliche Bedeutung auf, die dessen Bruttowertschöpfung, die Anzahl der in diesem Sektor beschäftigten Personen und die daraus resultierenden öffentlichen Einnahmen umfasst (vgl. [30]: S.55). So gehen in Europa 4,1 Millionen Arbeitsplätze aus dem Luftverkehrssektor hervor (vgl. [2]: S.25). Die Bruttowertschöpfung der Luftverkehrsbranche an sich ergibt sich aus der Summe der Arbeits- und Kapitaleinkommen dieses Wirtschaftszweiges (vgl. [30]: S.55). Die Gesamtbruttowertschöpfung der Luftverkehrswirtschaft in Europa für das Jahr 2004 betrug laut Studie der Air Transport Action Group 273,628 Milliarden US-Dollar (vgl. [2]: S.25). Aufgrund der erheblichen Wirtschaftskraft des europäischen Luftverkehrssektors und der großen Anzahl, der in diesem Bereich beschäftigten Personen kann davon ausgegangen werden, dass der Luftverkehrssektor noch viel Potential zur Optimierung birgt. Aus diesem Grund liegt die Motivation zu dieser Bachelorarbeit darin, verborgenes Leistungsvermögen im Sektor Luftfahrt aufzudecken.

Grundsätzlich versuchen Airlines, wie jeder andere wirtschaftliche Akteur, ihre Kosten zu minimieren und ihre Erlöse zu maximieren und somit effizient zu arbeiten. Die Effizienz ist ein *„Beurteilungskriterium, mit dem sich beschreiben lässt, ob eine Maßnahme geeignet ist, ein vorgegebenes Ziel in einer bestimmten Art und Weise (z.B. unter Wahrung der Wirtschaftlichkeit) zu erreichen.“* ([5]: S.779)

Das grundsätzliche Streben der Airlines nach viel Ertrag bei wenig Aufwand kann von Unternehmen aus speziellen Gründen temporär befristet bewusst aus dem Fokus genommen werden, beispielsweise wenn diese wachsen wollen, um ihre Position am Markt auszubauen oder wenn sie innovative Ideen umsetzen möchten, um sich damit im Gesamtmarkt eine Vorreiterrolle zu sichern. Im Zuge aller unternehmerischen Handlungen wird es immer wieder dazu kommen, dass bestimmte Vorgehensweisen nicht im Sinne des Gesamtoptimums für das System Luftfahrt erfolgen. Daraus ergibt sich der Beweggrund, den Beitrag der Airlines zu einer optimalen Wertschöpfung im System Luftverkehr zu untersuchen und Optimierungspotential zu finden.

1.2 Ziel

Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, die optimale Wertschöpfung im System Luftverkehr zu untersuchen und dabei speziell den Beitrag der Airlines zu beleuchten und zu bestimmen, wie weit die Luftraumnutzer vom theoretischen wirtschaftlichen Optimum in Europa entfernt sind. Dabei soll die volkswirtschaftliche Bedeutung der Flugsicherung herausgearbeitet werden. Des Weiteren sind Ursachen und volkswirtschaftliche Folgen ineffizienter Flugwege zu bestimmen und ein alternatives Gebührenmodell zu entwickeln. Dazu wird das derzeitige europäische Gebührenmodell herausgearbeitet und mögliche Lösungsansätze präsentiert, um die bestehenden Probleme zu eliminieren bzw. zu reduzieren. Dabei wird auch auf 4D-Trajektorien eingegangen.

Um dieses Ziel zu erreichen, sind folgende Arbeiten durchzuführen. Das Air Traffic Management, die Luftraumkapazität und die derzeitige Infrastrukturbepreisung sind in Bezug auf relevante Aspekte im Hinblick auf den Wertschöpfungsprozess im System Luftverkehr zu prüfen. Dazu werden, um der gesamtheitlichen Betrachtung gerecht zu werden, auch Entwicklungsprognosen bezüglich der Luftfahrtbranche mit einbezogen, wenngleich auch Verbesserungspotential bei einer Stagnation des Luftverkehrs vorhanden ist. Die Airline-Strategien sind einer volkswirtschaftlichen Betrachtung zu unterziehen, um deren Einfluss auf einen effizienten Flugablauf zu identifizieren. Zusätzlich werden eigene Gedanken und Überlegungen entwickelt, um die jeweiligen Strategien in Bezug auf ihre Effizienz zu optimieren. Des Weiteren erfolgt eine Anschauung der Flugsicherungen als natürliches Monopol vom ökonomischen Standpunkt aus und die Herausarbeitung ihrer Bedeutung für die Gesamtwirtschaft. Außerdem wird das von der Europäischen Kommission ins Leben gerufene Single European Sky-Programm, welches zu einer wesentlichen Effizienzsteigerung beitragen soll, genauer beleuchtet. Durch dieses Projekt soll ein europaweit einheitlicher Luftraum geschaffen werden, wodurch erreicht werden soll, dass die Airlines optimierte Flugrouten¹ fliegen und Kosten sparen können. Außerdem kann die Umwelt dadurch nachhaltig geschont werden. Zudem wird eine neue, noch am Anfang der Entwicklung stehende Methode der Flugführung, die 4D-Trajektorie, vorgestellt. Dazu wird zunächst das grundsätzliche Konzept erklärt. Zudem werden positive und negative Auswirkungen, die diese neuartige Technologie auf das Air Traffic Management hat, beschrieben. Schließlich erfolgt die Identifizierung, inwieweit dieses Konzept zu einer Optimierung des Systems Luftverkehr beitragen kann. Abschließend werden die aus der Arbeit resultierenden Ergebnisse bewertet und diskutiert.

¹ Mit dem Begriff „optimierte Flugroute“ wird eine Flugroute bezeichnet, die unter Berücksichtigung von Aspekten wie Kosten, Schnelligkeit und Sicherheit eine verbesserte Lösungsvariante darstellt.

1.3 Problemstellung

Für auftretende Ineffizienzen im Luftverkehr gibt es vielfältige Gründe. Abgeleitet aus der Definition des Begriffs Effizienz kann hier festgestellt werden, dass Ineffizienz dann vorliegt, wenn eine Maßnahme nicht die geeignetste ist, um ein gewisses Ziel auf eine bestimmte Art und Weise zu erreichen.

Eine Ursache für Ineffizienzen sind Engpässe in der Luftraum- und Landebahnapazität. Diese machen unter Umständen das Fliegen von Holdings notwendig, woraus wiederum Verspätungen resultieren können. So entstehen für die Airlines zusätzliche finanzielle Belastungen durch erhöhten Kerosinverbrauch. Passagiere verpassen bspw. Anschlussflüge, die Flugsicherung ist länger und ausführlicher mit dem entsprechenden Flug beschäftigt und Flughäfen müssen logistisch umdisponieren.

Ebenso wie viele Flughäfen sind auch spezielle Lufträume vom immer weiter expandierenden Luftverkehr betroffen. Als Beispiel kann großflächig der Luftraum über der Bundesrepublik Deutschland angesehen werden. Diese zählt zu den europäischen Staaten mit dem höchsten Passagieraufkommen und hat bedingt durch ihre zentrale Lage in Mitteleuropa eine hohe Belastung durch den Transitverkehr zu bewältigen, wodurch die Flugsicherungen mit einer sehr hohen Flugfrequentierung zu kämpfen haben (vgl. [11]: S.1; vgl. [54]: S.6). Um das künftige Luftverkehrsaufkommen besser bewältigen zu können, unterliegen sowohl die hochfrequentierten Lufträume als auch die Flughäfen einem stetigen Optimierungsbedarf.

Ineffizienzen gehen auch daraus hervor, dass Airlines nicht immer die optimale Flugroute nutzen, was einerseits mit der starken Auslastung des Luftraumes zusammenhängt, andererseits liegt dieser Sachverhalt in der bestehenden Aufteilung des europäischen Luftraums begründet. Dieser wird von verschiedenen nationalen Flugsicherungsorganisationen kontrolliert, die länderspezifische Flugsicherungssysteme verwenden und verschiedene Vorgehensweisen anwenden, wodurch ein zersplitterter europäischer Luftraum besteht. Außerdem weist Europa die Besonderheit auf, dass seine militärischen Sperrgebiete breit über den Kontinent verstreut sind (vgl. Abb. 3.10), diese Sperrgebiete müssen umflogen werden und machen somit das Fliegen von Umwegen erforderlich. Für das Fliegen von Umwegen ist jedoch ein anderer Aspekt hauptverantwortlich. Airlines wählen ihre Flugroute nach dem Aspekt aus, möglichst geringe Flugsicherungsgebühren zahlen zu müssen. Da die Gebührensätze derzeit europaweit von Land zu Land variieren, entscheiden sich Airlines für Flugrouten über Gebiete mit geringen Gebührensätzen. Somit entscheiden sie sich bewusst für das Fliegen von Umwegen, welche zu einer erhöhten Umweltbelastung und zu einer nicht optimalen Ausnutzung des europäischen Luftraums führen. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit dieses Problem einzudämmen.

1.4 Aufbau dieser Arbeit

Im ersten Kapitel soll zunächst die Motivation dargelegt werden, diese Bachelorarbeit über das Thema „Optimale Wertschöpfung im System Luftverkehr- Der Beitrag der Airlines“ zu verfassen. Zudem wird das wesentliche Ziel, welches mit dieser Arbeit verfolgt wird, aufgezeigt und die Problemstellung geschildert.

Das zweite Kapitel beschäftigt sich anschließend mit allgemeinen Aspekten, die die Entwicklung der Luftfahrt umfassen, wie bspw. das im Verlauf der Jahre gestiegene Passagieraufkommen. Zusätzlich werden in diesem Kapitel die positiven und negativen Auswirkungen der Luftfahrt präsentiert und ein abschließendes Zwischenfazit abgegeben.

Im Kapitel drei wird das Thema Air Traffic Management behandelt. Dabei stehen dessen fünf Kernaspekte Umwelt, Sicherheit, Kapazität, Verkehrsaufkommen und Kosteneffizienz im Vordergrund. An dieser Stelle erfolgt auch eine Vorstellung des Single European Sky- und des SESAR-Konzepts inklusive ihrer Leistungsziele und ihres Hauptziels, welches in der Schaffung eines einheitlichen europäischen Luftraums besteht. Zusätzlich erfolgt ein Vergleich der europäischen und der US-amerikanischen Air Traffic Control.

Im Kapitel vier wird auf den Beitrag der Airlines zu einer optimalen Wertschöpfung im System Luftverkehr eingegangen, den diese durch das Verfolgen bestimmter Airline-Strategien leisten. Dazu werden zunächst die vier möglichen Airline-Strategien beschrieben und deren Unterscheidungsmerkmale festgehalten. Schließlich wird Wertschöpfungspotential, bezogen auf die einzelnen Strategien, aufgedeckt und herausgearbeitet, wie es verwendet werden kann, um eine Effizienzsteigerung zu bewirken. Zusätzlich werden einige strategieübergreifende Optimierungsmaßnahmen genannt. Im Anschluss wird anhand eines Rechenbeispiels auf quantitative Kennzahlen eingegangen, um aufzuzeigen, wie sich die Leistung von Airlines rechnerisch feststellen lässt. Zum Abschluss des Kapitels wird eine detaillierte Übersicht der Flughafenentgelte präsentiert.

Das Kapitel fünf befasst sich im Gegenzug mit dem Beitrag der Flugsicherungen zu einer optimalen Wertschöpfung im Luftverkehrssystem. Dazu wird zunächst die wirtschaftliche Bedeutung der Flugsicherung herausgestellt und auf ihre Kernaufgaben eingegangen. Danach werden die europäischen Flugsicherungen als natürliches Monopol definiert. Anschließend wird das derzeitige Gebührenmodell der europäischen Flugsicherungen vorgestellt. Dabei werden die mit dem derzeitigen Gebührenmodell einhergehenden Probleme und Belastungen, die verschiedene Parteien betreffen, identifiziert und mögliche Lösungsansätze für die vorherrschenden Probleme aufgezeigt, um das bestehende Modell zu optimieren. Im Zuge dessen wird ein neues Gebührenmodell entwickelt.

Das Kapitel sechs beschäftigt sich mit dem letzten Themengebiet dieser Ausarbeitung, den 4D-Trajektorien. Es werden zunächst das grundsätzliche Konzept und der aktuelle Stand der Technik dieser neuartigen Technologie dargelegt. Im Anschluss daran werden die Auswirkungen auf verschiedene Parteien, die mit der Verwendung und dem Einsatz dieser Technik einhergehen, aufgezeigt. Abschließend erfolgt ein Fazit und Zukunftsausblick.

Das letzte Kapitel stellt eine Zusammenfassung der im Rahmen dieser Ausarbeitung erhaltenen Ergebnisse dar.

2 Allgemeines zum Thema Luftfahrt

Das folgende Kapitel erläutert zunächst, wie es durch die Deregulierung zu einem Wandel im europäischen Luftverkehr kam und befasst sich weiterhin mit der Entwicklung der Luftfahrt in den letzten Jahren. Dazu werden relevante Kenngrößen näher analysiert. Zudem werden die positiven und negativen Auswirkungen der Luftfahrt hervorgehoben.

2.1 Deregulierung des europäischen Luftverkehrs

Durch die Deregulierung und Liberalisierung des europäischen Luftverkehrs, welche in Europa seit 1987 in drei Stufen durchgeführt und im Jahr 1997 schließlich abgeschlossen wurde, kam es zu einem wesentlichen Wandel in der Luftfahrt. Im Rahmen der Liberalisierung wurde es ermöglicht, dass sich neue Airlines in den bestehenden Luftfahrtmarkt integrieren konnten, wodurch der Wettbewerb und die Konkurrenz unter den Fluggesellschaften gesteigert wurden und es zu einer Senkung der Flugpreise kam, da diese nicht mehr an Tarife gebunden waren, sondern sich frei am Markt nach dem Angebot-Nachfrage-Prinzip bilden konnten. Durch neu platzierte Airlines am Markt und den freien Streckenzugang, der es jeder europäischen Fluggesellschaft erlaubte, jede beliebige Strecke innerhalb der EU in beliebiger Taktung und Häufigkeit in ihre Flugrouten aufzunehmen, entstand für die Kunden ein vielfältiges Angebot. (vgl. [57]: S. 16ff)

2.2 Entwicklung der europäischen Luftfahrt unter Berücksichtigung wesentlicher Kenngrößen

Im Sommer 2007 begann mit der US-Immobilienkrise eine globale Finanzkrise, die zu einer Weltwirtschaftskrise führte und damit einen erheblichen wirtschaftlichen Abschwung, auch in der Luftfahrtbranche, mit sich brachte. Erst im Laufe des Jahres 2009 kam es wieder zu einer Beruhigung der Märkte, die bis zu einem erneuten Abkühlen der Wirtschaft im Jahr 2011 anhielt. Die Ursache dafür lag in der Verschärfung der Staatsschuldenkrisen einiger Länder des Euroraums als Teil der seit 2010 existierenden Eurokrise. An erster Stelle ist hier die Griechenlandkrise zu benennen. Seit dem ersten Quartal des Jahres 2013 sind die Märkte auf Erholungskurs. Dies ist ein Ergebnis von zahlreichen Maßnahmen der Europäischen Union und der Europäischen Zentralbank, um die Schuldenkrisen zu bekämpfen.

Um die Entwicklung der Luftfahrt anhand von Daten darzulegen, sind Kenngrößen wie die Passagieranzahl, die Anzahl der Streckendienstleistungseinheiten (En-Route Service Units), das durchschnittliche Abfluggewicht, die zurückgelegte Strecke, die Flugstunden und die Anzahl der jährlich durchgeführten Instrumentenflüge (IFR) relevant. Die Berücksichtigung dieser Parameter ist wichtig, um Positionen zu identifizieren, die bezüglich des Wertschöpfungsprozesses optimiert werden können. So können frühzeitig Fehlentwicklungen erkannt und diesen entgegengewirkt werden. Die Abbildung 2.1 zeigt die Entwicklung besagter Parameter auf. Die Daten beziehen sich ausschließlich auf Europa. Die Prozentzahlen rechts neben der Grafik zeigen, inwiefern sich die Werte innerhalb eines Jahres, d.h. von 2014 bis 2015, entwickelt haben. Es lässt sich anhand der Grafik deutlich der Trend erkennen, dass alle aufgezählten Kenngrößen im Verlauf der Jahre von 2006 bis 2015 gestiegen sind. Auch wenn partiell kleinere und größere Schwankungen im Verlauf der Graphen ersichtlich sind. So ist bspw. von Mitte 2007 bis Anfang 2009 ein erheblicher Rückgang fast aller Kenngrößen auszumachen. Dieser starke Einbruch liegt in einem Zusammenspiel von Fehlentwicklungen im weltweiten Wirtschafts- und Finanzsystem begründet wie eingangs bereits dargelegt.

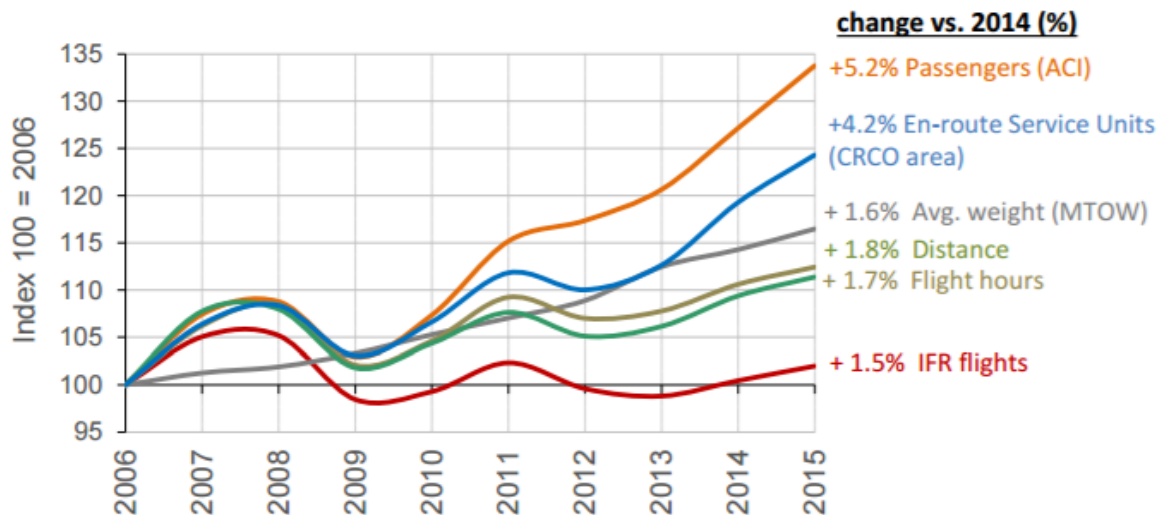


Abbildung 2.1: Entwicklung verschiedener Parameter von 2006 bis 2015 ([62]: S. 7)

Anhand der orangefarbenen Kurve, welche die Entwicklung des Passagieraufkommens repräsentiert, ist erkennbar, dass dieses generell den stärksten Aufwärtstrend aller hier dargestellten Kenngrößen verzeichnet. Der geringfügigste kann der roten Kurve, welche die Anzahl an durchgeführten IFR Flügen dokumentiert, zugeschrieben werden. Der starke Kontrast zwischen der Zunahme des Passagieraufkommens auf der einen Seite und der stagnierenden Entwicklung bezüglich der Anzahl an durchgeführten IFR Flügen auf der anderen Seite, kann wie folgt begründet werden. Durch den Einsatz neuer und moderner Flugzeuge, welche eine sehr hohe Passagierkapazität aufweisen, ist eine deutlich geringere Steigerung an Flügen erforderlich, um die steigende Anzahl an Passagieren befördern zu können und die vorhandene Nachfrage zu decken. Der vermehrte Einsatz von Großraumflugzeugen geht auch mit dem Verlauf der grauen Kurve, die das durchschnittliche Maximum Take Off Weight (MTOW) darstellt, konform. Die Kurve weist einen Trend nach oben auf und belegt damit, dass die verwendeten Flugzeuge mit der Zeit immer schwerer und somit größer wurden. Einen weiteren Einfluss auf die Kenngröße MTOW stellt der Sitzladefaktor dar. Hier wird dem Bemühen der Airlines Rechnung getragen ihren Sitzladefaktor stetig zu steigern und damit die Kapazitätsauslastung der Flugzeuge zu optimieren, was sich in einer Erhöhung des MTOW widerspiegelt.

Bei Betrachtung der blauen Kurve, welche die Anzahl an Streckendienstleistungseinheiten (En-Route Service Units) beschreibt, ist im Kurvenverlauf ein grundsätzlicher Anstieg zu erkennen. Die Anzahl der Streckendienstleistungseinheiten ergibt sich wie folgt:

$$En - Route Service Unit = \frac{Great\ Circle\ Distance\ in\ km}{100} \times \sqrt{\frac{MTOW\ in\ t}{50}} \quad (vgl. [52]: S.30)$$

Für jeden Start und jede Landung werden 20 km von der Großkreisdistanz (Great Circle Distance) abgezogen (vgl. [52]: S.30).

Da auch die grüne Kurve, welche für die zurückgelegte Flugstrecke steht, einen überwiegenden Anstieg aufweist, kann somit die Erhöhung der Streckendienstleistungseinheiten fundiert werden. An der beigefarbenen Kurve ist eine generelle Zunahme der Flugzeit zu erkennen.

Abschließend kann gesagt werden, dass tendenziell alle Parameter, bis auf die Anzahl der durchgeführten IFR Flüge, einen Anstieg zu verzeichnen haben. Durch die Verwendung großer Flugzeugmodelle wird zukünftig nur eine geringfügige Steigerung der Anzahl an durchgeführten Flügen erforderlich sein, um die aufkommenden Passagierströme und

Frachtmengen zu befördern und die Nachfrage zu decken (vgl. [7]: o.S.). Der Grund dafür liegt darin, dass derartige Flugzeugmodelle hohe Passagier- und Frachtkapazitäten aufweisen.

2.3 Positive Auswirkungen der Luftfahrt

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit den positiven Auswirkungen, die mit der Luftfahrt einhergehen.

2.3.1 Arbeitsplätze

Als Bestandteil des internationalen Verkehrssystems trägt die Luftfahrt zur Globalisierung und Entwicklung der Weltwirtschaft bei, in dieser Eigenschaft schafft sie weltweit 29 Millionen Arbeitsplätze (vgl. [2]: S.2). Die nachfolgende Grafik gibt einen Überblick über die Anzahl der vorhandenen Arbeitsplätze in den verschiedenen Bereichen der Branche Luftfahrt.

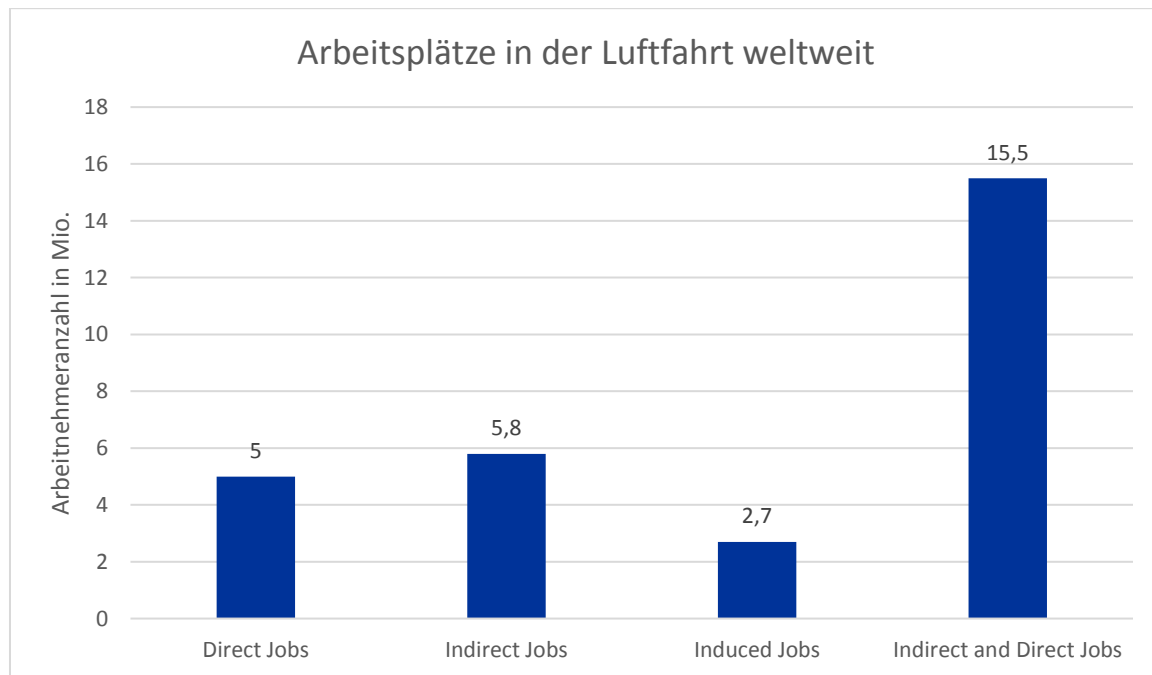


Abbildung 2.2: Arbeitsplätze in der Luftfahrt weltweit (vgl. [2]: S.2)

Wie in der Abbildung 2.2 zu erkennen ist, erfolgt eine Aufteilung in direkte, indirekte, induzierte sowie direkte und indirekte Arbeitsplätze. Zu der Kategorie „direkt“ zählen alle Arbeitsplätze, die aus einer Beschäftigung bei einer Airline oder einem Flughafen resultieren. Diese angesprochenen Berufe reichen von Pilot und Fluglotse über Flugbegleiter bis hin zum Boden- und Gepäckabfertigungspersonal. Des Weiteren gehört der zivile Luft- und Raumfahrtbereich mit der Herstellung von Flugzeugsystemen oder -motoren zu diesem Bereich. Die indirekten Arbeitsplätze sind diejenigen, die aus dem Verkauf von Gütern und den Dienstleistungen von Firmen in der Lieferkette im Rahmen der Luftfahrt entstanden sind. Mit induzierten Arbeitsplätzen sind die durch Ausgaben der gewerblichen Mitarbeiter entstandenen Stellen gemeint. Die letzte Kategorie umfasst direkte und indirekte Arbeitsplätze, die aus dem Einfluss des Luftverkehrs auf den Tourismus hervorgehen. Dies sind z.B. Arbeitsplätze, die durch die Ausgaben von internationalen Besuchern, die mit dem Flugzeug anreisen, getragen werden (vgl. [2]: S.2).

Die Löhne und Gehälter der genannten Bereiche wirken sich auf die Wertschöpfung des Luftfahrtsektors aus, da diese zur Erhöhung des Bruttoinlandproduktes (BIP) beitragen. Das BIP ist ein „Maß für die gesamte wirtschaftliche Leistung in einem Wirtschaftsgebiet in einer Periode. Weil das B. Auskunft über die Produktion von Waren und Dienstleistungen im Inland

nach Abzug der Vorleistungen und Importe gibt, ist es ein Produktionsindikator.“ ([5]: S.525)
Durch den Vergleich des BIP verschiedener Perioden kann man ggf. das wirtschaftliche Wachstum eines Landes feststellen.

2.3.2 Ökonomische Leistungsfähigkeit

Die Luftfahrt kann aufgrund ihrer weltweit dicht vernetzten Struktur Transportmöglichkeiten realisieren, die in Bezug auf bspw. Geschwindigkeit und Auslieferungszeiten als führend und unschlagbar angesehen werden können. Kein anderes Transportmittel könnte einen derartigen wirtschaftlichen Erfolg in gleicher Zeit und bei identischem Budget verwirklichen oder nur annähernd umsetzen und somit die Entwicklung der Länder immer weiter vorantreiben. Im Rahmen der Luftfahrt ist es möglich, sehr dringliche zeitkritische oder verderbliche Waren über den gesamten Erdball hinweg zu transportieren. So wurde im Jahr 2013 weltweit ein mit Luftfracht befördertes Transportvolumen von 207,8 Milliarden Tonnenkilometer (RTK) verzeichnet und es wird bis zum Jahr 2033 ein Anstieg auf 521,8 Milliarden RTK vorhergesagt (vgl. [69]: o.S.). Der internationale Handel bringt für die beteiligten Länder wirtschaftliches Wachstum bemessen am BIP und damit verbundenen Wohlstand mit sich. Die folgende Abbildung 2.3 stellt die fünf EU-Länder mit dem höchsten BIP des Jahres 2016 dar und vergleicht die Länder miteinander. Dadurch wird der positive Einfluss der Luftfahrt auf die Wirtschaftskraft eines Landes, wofür das BIP ein wesentlicher Indikator ist, aufgezeigt.

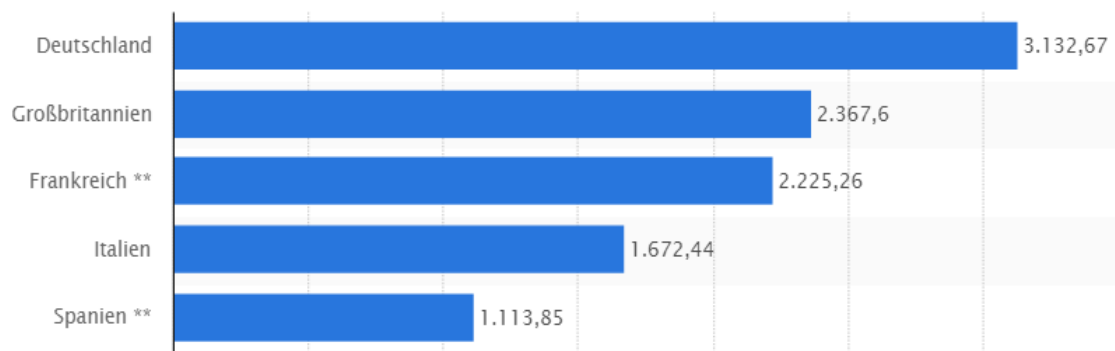


Abbildung 2.3: Bruttoinlandsprodukt von fünf EU-Staaten des Jahres 2016 ([68]: o.S.)

Die folgende Abbildung 2.4, die die Entwicklung des BIP in der EU und der Euro-Zone im Verlauf der Jahre von 2006 bis 2016 veranschaulicht, weist ähnliche Schwankungen auf, wie sie bereits in Abbildung 2.1 ersichtlich waren, in welcher Kenngrößen wie das Passagieraufkommen dargestellt wurden. Als Beispiel für eine derartige Schwankung soll der starke Einbruch im Jahr 2009 dienen, dem im Jahr 2007 ein bisher nicht wieder erreichtes Maximum des europäischen BIP vorausgeht. Die Gründe dieser Schwankungen wurden bereits bei der Beschreibung der Abbildung 2.1 herausgearbeitet. Aus dem analogen Verlauf der zwei Abbildungen 2.1 und 2.4 lässt sich letztlich schließen, dass die Entwicklung der Luftfahrt einen Einfluss auf die Entwicklung des BIP und somit auf die Wirtschaftskraft eines Landes bzw. der EU hat. Im Gegenzug hat das BIP aber auch einen Einfluss auf die Entwicklung der Luftfahrt, so beeinflusst ein hohes BIP die Luftfahrtbranche positiv. Schließlich lässt sich sagen, dass sich die Entwicklung einer Branche und die des BIP gegenseitig beeinflussen und bedingen.

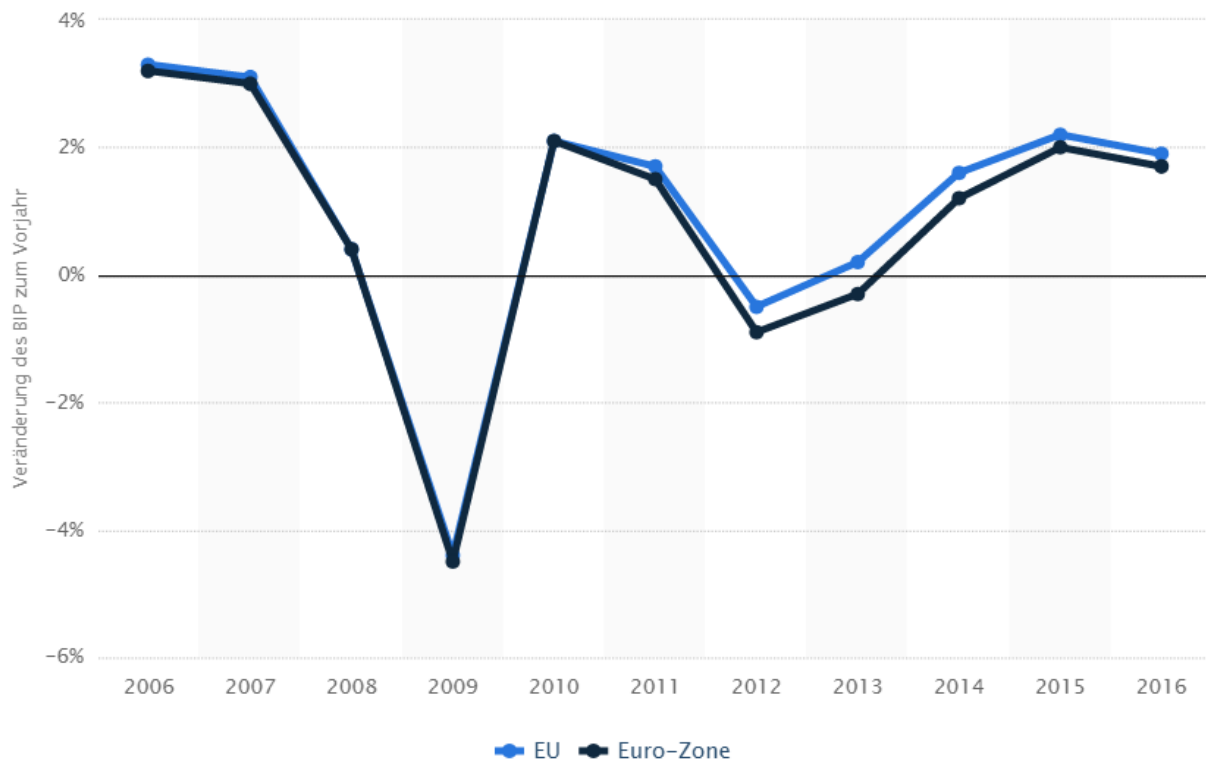


Abbildung 2.4: Entwicklung des BIP in der EU und der Euro-Zone von 2006 bis 2016 ([67]: o.S)

Ein weiterer Aspekt, der durch die Luftfahrtbranche positiv beeinflusst wird, ist die Abwicklung internationaler Geschäfte, da durch diese kurzfristige Geschäftsreisen ermöglicht werden. Ein international vernetztes Luftverkehrssystem stellt zudem einen attraktiven Standortfaktor eines Landes dar.

In einem erheblichen Maß profitiert zudem der Tourismus von der Weiterentwicklung der Luftfahrt. Dies hat den Grund, dass Flugreisen jetzt nicht mehr nur für privilegierte Bevölkerungsschichten bezahlbar sind.

Die Luftfahrt ermöglicht außerdem schnelle Hilfe in Notsituationen (z.B. Unfälle) oder bei Katastrophen (z.B. Lawinen, Überflutungen). So können bspw. Verletzte aus schwer erreichbaren Regionen geborgen und zur erforderlichen Behandlung ausgeflogen werden. Auch Verlegungen von Patienten von einer Klinik in eine andere weit entfernte stellt durch den Einsatz von Helikoptern kein Hindernis dar. Überführungsflüge von Verletzten und Kranken aus dem Ausland in ihr Heimatland sind eine weitere Option, die durch die Luftfahrt verwirklicht werden kann. Zudem ist es möglich, zwingend erforderliche, für das Überleben von Patienten notwendige Organe für Transplantationen schnell zu dem Ort zu befördern, an dem sie benötigt werden.

2.4 Negative Auswirkungen der Luftfahrt

Nach Betrachtung der positiven Aspekte der Luftfahrt werden nun die negativen Auswirkungen der Luftfahrt in Augenschein genommen.

2.4.1 Schadstoffemissionen

Einen wichtigen Aspekt stellt die Umweltbelastung dar. Die in der Triebwerksherstellung führenden OEMs wie Pratt & Whitney bemühen sich, immer kraftstoffsparendere, energieeffizientere, leichtere und weniger Lärm erzeugende Triebwerke zu entwickeln. Dies ist zum Beispiel an den Triebwerken des A320neo zu erkennen (vgl. Abb. 4.9).

In der folgenden Tabelle 2.1 werden beispielhaft verschiedene Flugzeugtypen, mögliche Abflug- sowie Zielflughäfen, der Kraftstoffverbrauch und die entstehenden CO₂-Emissionen pro Passagier für täglich stattfindende Flüge aufgeführt, um einen Eindruck von den Fakten und Daten und daraus resultierenden Beschwerden für die Umwelt zu erhalten. Auch soll dargestellt werden, wie groß der Unterschied der anfallenden Belastung zwischen Economy- und Premium-Class ist. Die Emissionen wurden mit Hilfe des Carbon Emissions Calculator's, der von der ICAO entwickelt wurde, ermittelt. Die in der Tabelle enthaltenen Daten beziehen sich lediglich auf eine einfache Strecke, d.h. „One Way“. Zudem muss erwähnt werden, dass die kalkulierten Daten von einer Vielzahl von Faktoren abhängig sind und nur als Anhaltswerte verwendet werden sollten. So spielen Faktoren wie das Wetter oder der Load Factor des Flugzeugs eine essentielle Rolle. Unter dem Load Factor versteht man die Auslastung eines Flugzeuges mit Passagieren oder mit Fracht, man spricht auch vom Sitzladefaktor bei Passagiermaschinen oder vom Nutzladefaktor bei Frachtflugzeugen.

Mögliche Flugzeugtypen	Abflughafen	Zielflughafen	Kraftstoffverbrauch [kg]	CO ₂ -Ausstoß [kg] pro PAX	Streckenlänge [km]	Klasse
z.B. A319, A320, A321	München (MUC)	Berlin Tegel (TXL)	3.177,9	73,6	478	Economy
z.B. A319, A320, A321	München (MUC)	Berlin Tegel (TXL)	3.177,9	73,6	478	Premium
z.B. A380-800	Frankfurt (FRA)	Miami (MIA)	126.776,10	451,1	7.760	Economy
z.B. A380-800	Frankfurt (FRA)	Miami (MIA)	126.776,10	902,1	7.760	Premium
z.B. B747-8, B777-300ER	Frankfurt (FRA)	Tokio-Haneda (HND)	97.740,10	431,9	9.357	Economy
z.B. B747-8, B777-300ER	Frankfurt (FRA)	Tokio-Haneda (HND)	97.740,10	863,9	9.357	Premium

Tabelle 2.1: CO₂-Ausstoß und Kraftstoffverbrauch nach Flugzeugtyp und Strecke [55]²

Es ist zu erkennen, dass es auf Kurzstreckenflügen, wie bspw. von München nach Berlin keinen Unterschied im CO₂-Ausstoß bezüglich der Flugklassen gibt, da es hier keine Unterschiede, bis auf das Freilassen des Mittelplatzes in der Business-Class, in der Bestuhlung gibt (vgl. [16]: S.228). Der Unterschied zwischen Economy- und Premium-Class bezieht sich lediglich auf den intensiveren Service, der Gästen der Premium-Class geboten wird. Auf Langstreckenflügen, wofür die Flüge von Frankfurt am Main nach Miami und Frankfurt am Main nach Tokio-Haneda als Beispiel dienen sollen, ist hingegen ein deutlicher Unterschied zwischen Economy- und Premium-Class zu verzeichnen. Die Belastung für die Umwelt ist durch einen Flug in der Premium-Klasse deutlich höher. Dies kann damit begründet werden, dass für einen Premium-Class-Platz mehr Raum im Flugzeug erforderlich ist, da zum einen der Sitz größer ist und zum anderen eine höhere Beinfreiheit für den Passagier vorhanden ist, weshalb die Bestuhlungsdichte geringer als in der Economy-Class ist. Dadurch können im gesamten Flugzeug weniger Passagiere befördert werden als bei einer reinen Economy-Konfiguration. Der höhere CO₂-Ausstoß bei einem Premium-Class-Flug entsteht letztlich dadurch, dass sich der gesamte CO₂-Ausstoß auf weniger beförderte Passagiere verteilt. Seitens der Airlines wird dieser Sachverhalt in ihrer Preiskalkulation berücksichtigt. Faktoren wie ein geringerer Sitzladefaktor und eine geringere Kapazitätsauslastung, die im

² Die Tabelle wurde anhand von Daten, die mit Hilfe des ICAO Carbon Emissions Calculator's ermittelt wurden, selbst erstellt.

Vergleich zu einer reinen Economy-Konfiguration eine erhöhte Umweltbelastung pro Passagier nach sich ziehen, führen zu Mehrkosten bei den Airlines. Diese werden auf den Premium-Class-Passagier umgelegt und in den Ticketpreis integriert. So können Airlines trotz des Angebots verschiedener Flugklassen im Gewinnbereich arbeiten und damit eine positive Wertschöpfung erreichen.

Die nächste Tabelle 2.2 stellt den CO₂-Ausstoß dar, der auf den oben beschriebenen Flügen insgesamt entsteht. Zusätzlich wird der gesamte Ausstoß auf den Ausstoß pro mitreisenden Passagier runtergerechnet. Auch hier wird der deutliche Unterschied zwischen Economy- und Premium-Class auf Langstreckenflügen sichtbar. Unter die Kategorie Premium fallen sowohl die First- als auch die Business-Class.

Flugzeugtyp	Strecke	Sitzplatzkapazität	CO ₂ -Ausstoß gesamt [kg]	CO ₂ -Ausstoß pro PAX [kg]	Klasse
A320	MUC → TXL	168	12.366,80	73,6	Economy
		-	-	-	Premium
A321	MUC → TXL	200	14.722,30	73,6	Economy
		-	-	-	Premium
A380-800	FRA → MIA	371	189.450,80	451,1	Economy
		138	95.627,60	902,1	Premium
B747-8	FRA → HND	276	119.212,30	431,9	Economy
		88	76.019,40	863,9	Premium

Tabelle 2.2: CO₂-Ausstoß insgesamt (vgl. [24]: o.S.; [55])³

Die zwei folgenden Abbildungen 2.5 und 2.6 dienen zur Veranschaulichung der beispielhaft gewählten Flugrouten. In der ersten Abbildung wird der Flugverlauf von Frankfurt am Main nach Miami und in der zweiten Abbildung die Flugroute von Frankfurt am Main nach Tokio-Haneda dargestellt. In diesen Abbildungen werden auch die zum Teil geflogenen Umwege sichtbar. Zur Anzeige der Flugrouten wurde das Tool “Flightradar24” verwendet, dass alle weltweiten Flüge tracked.

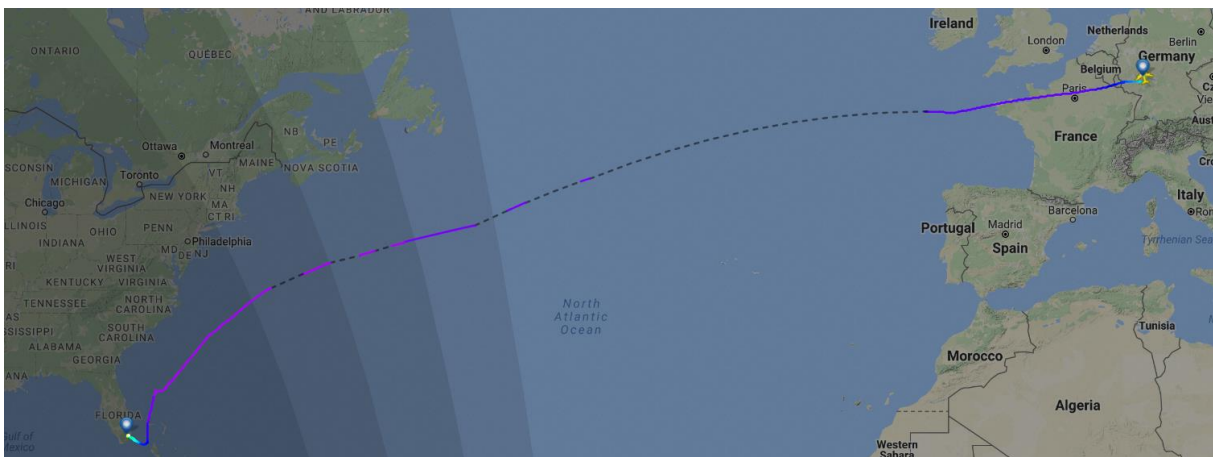


Abbildung 2.5: Flugverlauf von Frankfurt am Main nach Miami ([50]: o.S.)

³ Die Tabelle wurde anhand von Daten, die mit Hilfe des ICAO Carbon Emissions Calculator's ermittelt wurden, selbst erstellt. Die Anzahl der Sitzplätze wurde dem technischen Datenblatt des jeweiligen Flugzeugs, wie es sich bei der Deutschen Lufthansa AG in Betrieb befindet, entnommen.

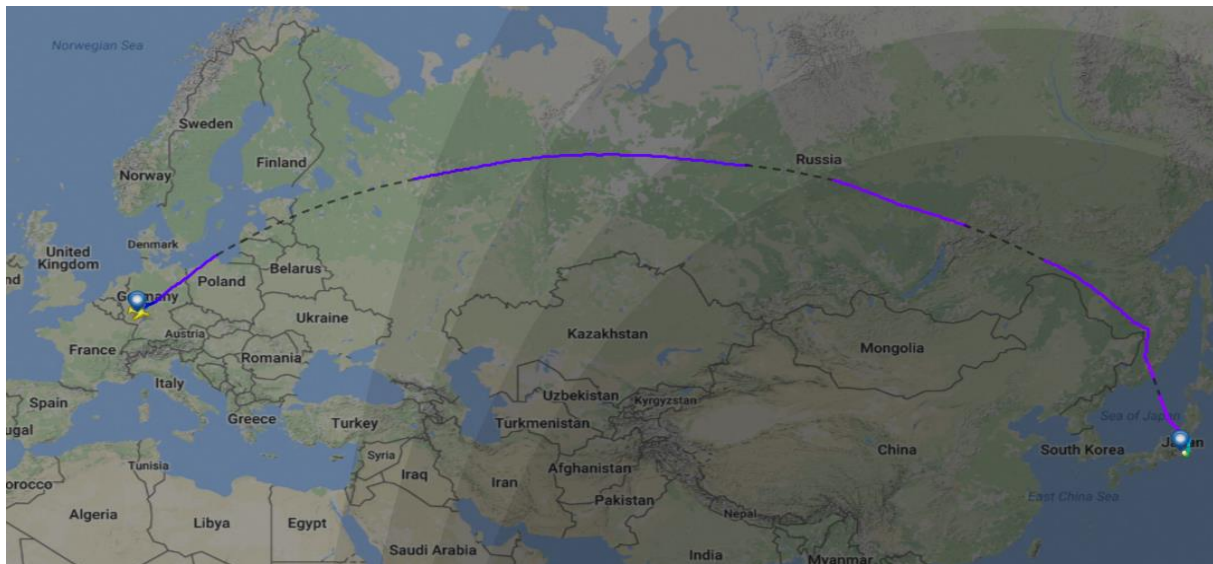


Abbildung 2.6: Flugverlauf von Frankfurt am Main nach Tokio-Haneda ([50]: o.S.)

Neben dem Gas Kohlenstoffdioxid tragen auch die Schadstoffe NO_x und UHC zu einer erheblichen Umweltbelastung und zur Erderwärmung bei. Unter den Begriff NO_x fallen sämtliche Stickoxide. In Bezug auf die Luftfahrt entstehen diese Gase bei der Kraftstoffverbrennung in der Triebwerksbrennkammer. Denn bei der Kraftstoffverbrennung kommt es bei hohen Temperaturen zu einer Dissoziation des Luftsauerstoffs, wodurch thermisches NO_x entsteht. Weitere Schadstoffe, die sich negativ auf die Umwelt auswirken, sind die unverbrannten Kohlenwasserstoffe (UHC), welche aufgrund einer unvollständigen Verbrennung des Kraftstoffs entstehen und über den Abgasstrahl des Triebwerks in die Luft gelangen. Ein weiteres ungewolltes Produkt, das im Rahmen der Treibstoffverbrennung entsteht, ist Ruß, welcher ebenfalls im Abgasstrahl des Triebwerks vorhanden ist und lediglich aus unverbranntem Kohlenstoff besteht. (vgl. [59]:S.1415ff)

Die folgende Abbildung 2.7 zeigt die Abhängigkeit der entstehenden Schadstoffmengen von UHC, CO und NO_x von der Temperatur bzw. dem Schub in Prozent. Je höher der Schub eines Flugzeuges gewählt wird, desto höher muss auch die Temperatur in der Brennkammer sein. Zudem lässt sich aussagen, dass der NO_x-Ausstoß mit sich erhöhender Brennkammertemperatur und zunehmendem Schub stark ansteigt. Wohingegen der Ausstoß der unverbrannten Kohlenwasserstoffe und des Kohlenstoffs mit steigender Temperatur und zunehmendem Schub erheblich abnehmen. Somit lässt sich generell aussagen, dass der Ausstoß der beschriebenen Komponenten vom jeweiligen Flugzustand und dem dafür erforderlichen Triebwerksschub abhängig ist. Auch hat die Flughöhe einen Einfluss auf den Emissionsfaktor der Schadstoffe. So steigt der CO-Ausstoß in großen Flughöhen, wohingegen der NO_x-Ausstoß sinkt.

Es ist an dieser Stelle anzumerken, dass Schadstoffemissionen, die in großer Höhe (zwischen Troposphäre und Stratosphäre) erfolgen, deutlich umweltschädlicher als bodennahe Emissionen sind. Denn gerade Emissionen, die in großen Flughöhen erfolgen, tragen verstärkt zur Klimaerwärmung bei, indem sie zum Beispiel auf den Ozonhaushalt der Atmosphäre Einfluss nehmen. (vgl. [10]: S.20)

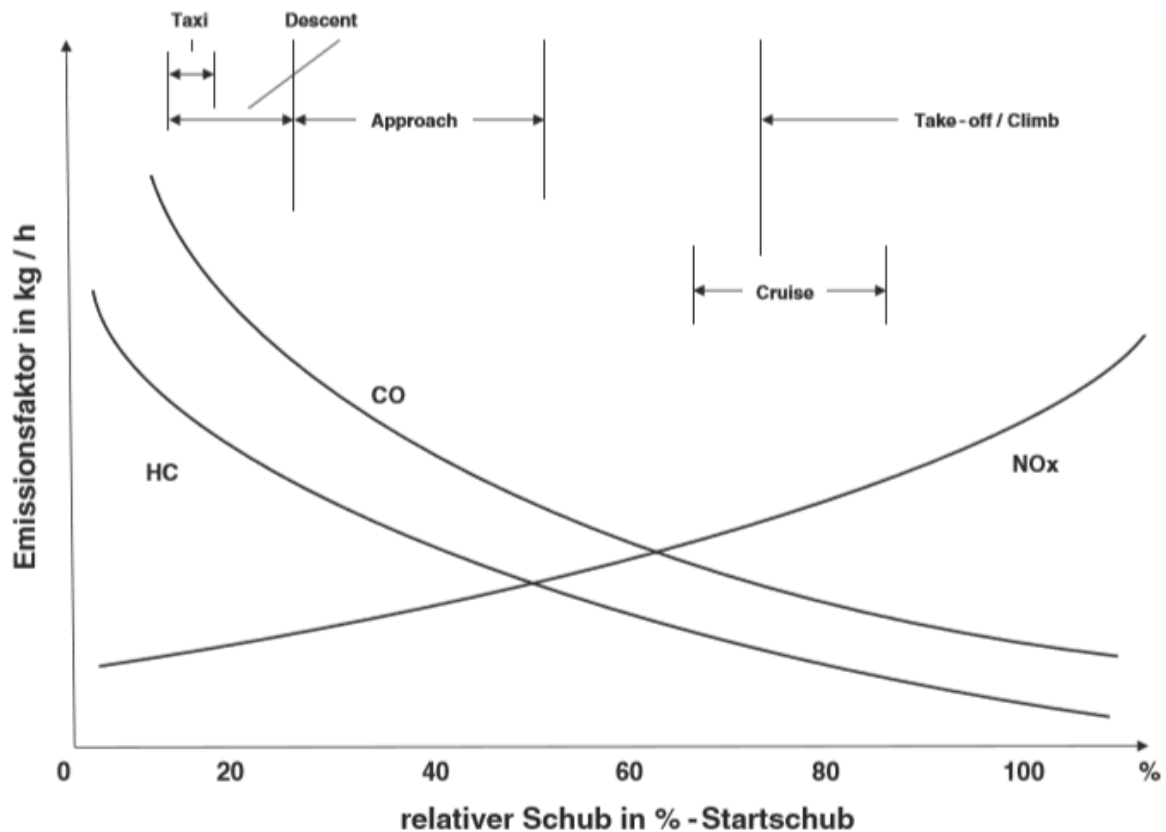


Abbildung 2.7: Entstehende Schadstoffe durch Kraftstoffverbrennung ([59]: S.1419)

Die Airlines und Flugsicherungen bemühen sich daher darum, dass sich die in der Luft befindlichen Flugzeuge während des Reisefluges stets in ihrer optimalen Flughöhe befinden, um möglichst kraftstoff- und emissionsoptimal zu fliegen. Für das Steig- und Sinkprofil muss dieser Sachverhalt jedoch differenzierter betrachtet werden, da während dieser Steig- und Sinkvorgänge die optimale Flughöhe von den einzelnen Maschinen und deren Beladung abhängig ist. Zudem spielt das Verkehrsaufkommen eine Rolle, da von dessen Intensität die Wahl des Anflugverfahrens abhängig ist. Speziell die Nutzung des Continuous Descent Approach führt zu Kraftstoffeinsparungen von bis zu 50 kg Kerosin und zu CO₂-Einsparungen von bis zu 150 kg pro Anflug, jedoch ist dieses nur bei geringfügigem Verkehrsaufkommen anwendbar (vgl. [42]: S.23). Auch neue Brennkammerkonzepte, wie das Prinzip der Fett-Mager-Verbrennung (RQL: Rich Burn- Quick Quench- Lean Burn) oder der mageren Verbrennung mit Vorvermischung und Vorverdampfung (LPP: Lean Premixed Prevaporized) tragen dazu bei, dass sich der Schadstoffausstoß im bestmöglichen Bereich befindet, indem die üblichen hohen NO_x-Emissionen unter Volllast verringert werden.

Flughäfen beanspruchen ein NO_x-Entgelt, dessen Höhe vom Kraftstoffverbrauch und Emissionsfaktor abhängig ist. So muss ein Betreiber eines A310 bspw. am Karlsruher Flughafen pro Start und pro Landung ein NO_x-Entgelt von 200 Euro entrichten, während ein Betreiber eines A319 am selben Flughafen für identische Vorgänge lediglich einen Betrag von 20 Euro abgeben muss. (vgl. [6]: S.6 und S. 25-27) Dies liegt an dem vergleichsweise effizienteren Triebwerk, das am A319 verbaut wurde. Daher gilt es für Airlines und andere Flugzeugbetreiber, möglichst kraftstoffsparende und weniger Schadstoff ausstoßende Flugzeuge zu betreiben, um die entstehenden Kosten gering zu halten. Damit einhergehend kommt der Umwelt durch geringere Belastungen ein Schutz zu Gute.

2.4.2 Lärmemissionen

Durch die Luftfahrt werden aufgrund von Lärmemissionen viele Parteien negativ beeinflusst. Besonders betroffen sind hier Personen, die nahe eines Flughafens leben und dementsprechend unter Fluglärm zu leiden haben. Um besonders diese Personen zu schützen, wurde das Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm im Jahr 1971 ([28]: S.1) aufgesetzt.

„Zweck dieses Gesetzes ist es, in der Umgebung von Flugplätzen bauliche Nutzungsbeschränkungen und baulichen Schallschutz zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor Gefahren, erheblichen Nachteilen und erheblichen Belästigungen durch Fluglärm sicherzustellen.“ ([28]: S.1)

Da das Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm den Forderungen der heutigen Zeit jedoch nicht mehr genügt hat, wurde dieses im Jahr 2007 überarbeitet. Im Zuge dessen wurden die Richtlinien und die einzuhaltenden Grenzwerte verschärft. Ein fundamentaler Punkt der Neuauflage dieses Gesetzes ist die Einrichtung bzw. Erweiterung von Lärmschutzzonen in den umliegenden Gebieten ziviler und militärischer Flugplätze sowie das Einführen von Bebauungsverböten bestimmter Zonen. (vgl. [28]: S.1ff) Die für bspw. Schallschutzmaßnahmen der in Flughafennähe anliegenden Bevölkerung entstehenden Kosten werden durch die Flughafenentgelte, wie bspw. den Lärmzuschlägen abgedeckt (vgl. [13]: S.4). Diese Lärmzuschläge werden nach Lärmklassen unterteilt und steigen je nach Lautstärke (in dB) des Luftfahrzeugs. Die Zuschläge sind für jeden Start- und Landevorgang bspw. seitens einer Airline an den jeweiligen Verkehrsflughafenunternehmer zu entrichten. So muss der Betreiber eines Flugzeuges, das einen Lärmpegel von über 94 dB aufweist am Düsseldorfer Flughafen pro Start und Landung in der Zeitspanne von 06:00 bis 21:59 Uhr einen Lärmzuschlag von 8.000 Euro bezahlen. Im Gegensatz dazu muss ein leiseres Flugzeug mit einem Lärmpegel von lediglich 70 dB im identischen Zeitfenster nur einen Lärmzuschlag von 35 Euro entrichten. (vgl. [34]: S.3-4) Es liegt daher im Interesse der Airlines und Flugzeugbetreiber, möglichst leise Flugzeuge in ihrer Flotte bzw. in Betrieb zu haben, um möglichst geringe Lärmzuschläge entrichten zu müssen und die für sie entstehenden Kosten möglichst gering zu halten.

2.4.3 Landschafts- und Ressourcenverbrauch

Zwei weitere Punkte, die durch die Luftfahrt beeinflusst werden, sind der Landschafts- sowie der Ressourcenverbrauch. Aufgrund des Wachstums des Luftverkehrs besteht die Notwendigkeit, entweder neue Flughäfen zu bauen oder schon bestehende Flughäfen zu erweitern. Dazu ist nicht nur die Bereitstellung der notwendigen Liegenschaften notwendig, sondern auch die der damit erforderlichen Infrastruktur, um den Flughafen an die Umgebung anzuschließen.

Zusätzlich entsteht durch die Expansion der Luftfahrt ein hoher Bedarf an Ressourcen (Bsp.: Treibstoff, vgl. Abb. 2.8). Auch durch die hohe Kapazitätsauslastung des Luftraums wird zusätzlich ein Ressourcenverbrauch begünstigt. So kann bspw. das Fliegen von sogenannten Holdings, d.h. Warteschleifen, nicht ausgeschlossen werden, wenn das Flugaufkommen der sich im Anflug befindenden Flugzeuge zu hoch ist, um diese für die vorgesehenen Landungen zu staffeln. Durch das Fliegen der Warteschleifen soll ein Entzerren des anfliegenden Luftverkehrs erzielt werden. Eine Vorgehensweise, die jedoch von einem ansteigenden Bedarf an Ressourcen begleitet wird. So benötigt bspw. ein A320 für eine geflogene Holding- Kurve (Dauer ca. 4- 5 Minuten in einer Höhe von 14.000 Fuß) eine zusätzliche Kraftstoffmenge von 150- 200 kg Kerosin (vgl. [1]: o.S.). Bei einem aktuellen Kerosinpreis von 1,44 US-Dollar pro Gallone⁴ und einem spezifischem Gewicht des Kerosins von 0,8 kg pro Liter ([51]: S.12)

⁴ Laut US Energy Information Administration, Stand vom 30.05.2017

entstehen somit pro geflogener Holding-Schleife Zusatzkosten in Höhe von 71,28 bis 95,18 US-Dollar.

Die folgende Statistik der Lufthansa Group zeigt die Entwicklung der Transportleistung (Summe aus PKT und TKT) und des Treibstoffverbrauches von 1990 bis 2015. Wie ersichtlich befindet sich der Treibstoffverbrauch in den vergangenen fünf Jahren auf einem nahezu gleichbleibenden Level, obwohl die Transportleistung gestiegen ist.

Entkopplung von Transportleistung und Treibstoffverbrauch

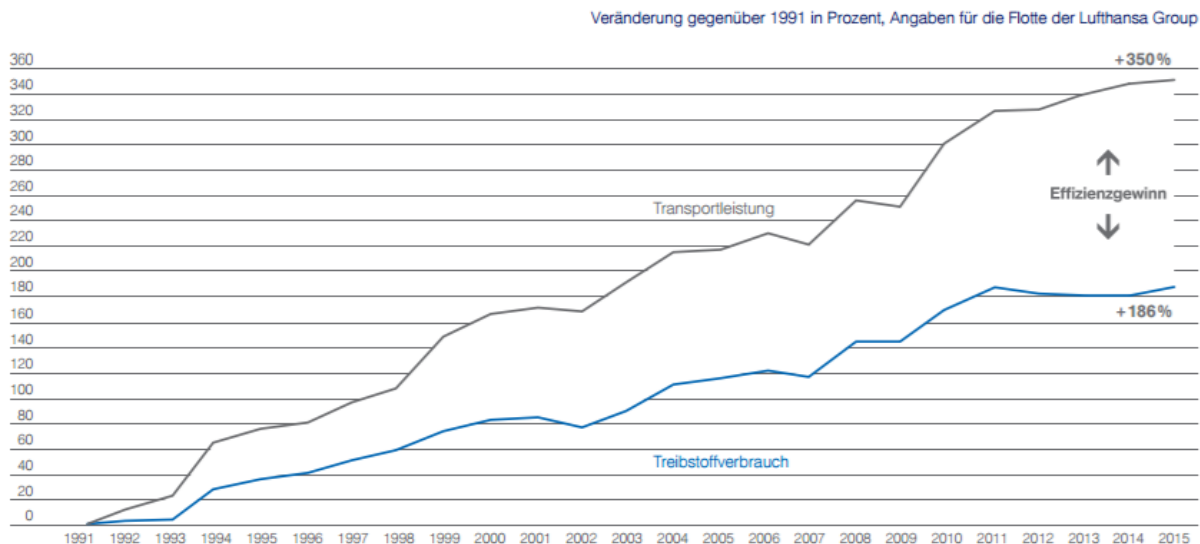


Abbildung 2.8: Entwicklung des Treibstoffverbrauchs im Vergleich zur Transportleistung ([25]: S.42)

Um den Bedarf an Rohstoffen zu senken oder zumindest einen weiteren Anstieg zu verhindern, müssen bestehende Maßnahmen beibehalten und neue ergriffen werden, damit nicht nur die Kosten für die Airlines reduziert bzw. stabil gehalten werden können, sondern auch, damit die Umwelt nachhaltig geschont werden kann. Denkbare Maßnahmen, die zum einen seitens der Flugzeughersteller und zum anderen seitens der Triebwerkshersteller eingeleitet und umgesetzt werden können, werden in nachfolgender Tabelle aufgelistet.

	Maßnahmen
Flugzeughersteller	<ul style="list-style-type: none"> • Aerodynamische Optimierungen, um Kraftstoffeinsparungen zu erzielen • Reduzierung des Wasserverbrauchs an Bord • Wiederverwendung von Rohmaterialien alter Flugzeugstrukturen
Triebwerkshersteller	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung von kraftstoffsparenden und leiseren Triebwerken • Wiederverwendung von Rohmaterialien alter Triebwerke
Airline	<ul style="list-style-type: none"> • Einsatz moderner Flugzeuge mit geringem Kraftstoffverbrauch

Tabelle 2.3: Maßnahmen zur Senkung des Rohstoffverbrauchs

2.4.4 Zwischenfazit

Schlussfolgernd kann nun festgehalten werden, dass mit der Luftfahrt viele positive Faktoren einhergehen, die bereits ihren Beitrag zur Gesamtwertschöpfung leisten, jedoch für die Zukunft noch Verbesserungsansätze beinhalten. Die negativen Faktoren können allerdings nicht unbeachtet gelassen werden. Diese gilt es zu reduzieren und so den Wertschöpfungsprozess zu optimieren.

Die Tatsache, dass die Passagierzahlen und die Frachtmengen eine steigende Tendenz aufweisen, ist von den Airlines in ihrer Geschäftsplanung zu berücksichtigen. Um die aufkommenden Passagierströme und Frachtmengen befördern zu können und somit die Nachfrage zu decken, müssten die Airlines folglich die Anzahl ihrer durchgeführten Flüge steigern. Da die Airlines allerdings an einem effizienten Wertschöpfungsprozess interessiert sind und ihre Kosten niedrig halten, ihre Erlöse jedoch steigern möchten, wird auf alternative Lösungen gesetzt. So können durch die Verwendung von Wide-Body-Jets mehr Passagiere und Fracht mit nur einem Flug befördert werden, was das Fliegen bei einer hohen Kapazitätsauslastung effizienter macht, da dies einen hohen Sitz- bzw. Nutzladefaktor und somit niedrige Stückkosten⁵ mit sich bringt (vgl. [57]: S. 131). Im Gegensatz dazu stellt die Durchführung von vielen Einzelflügen mit kleineren Flugzeugtypen einen unwirtschaftlicheren Weg dar.

Die negativen Effekte sind der Schadstoffausstoß, der Ressourcenverbrauch und die Lärmemissionen, diese gilt es zu minimieren. Dadurch würde sich für die Airlines die Möglichkeit eröffnen, Rohstoffkosten zu reduzieren und Emissionsabgaben zu verringern- ein Benefiz für Airlines und Umwelt.

Die Fluggesellschaften sind auf die Zusammenarbeit mit Flugzeug- und Triebwerksherstellern angewiesen, denn schließlich beschränken sich die Auswahloptionen der Airlines auf die vorhandene Angebotspalette dieser. Generell gilt es für Airlines, möglichst kraftstoffsparende, weniger Schadstoff ausstoßende und leisere Flugzeuge zu betreiben. Dadurch verringern sich die Umweltbelastungen und die Kosten der Airlines sinken, da sie weniger Lärmzuschläge und NOx-Entgelte entrichten müssen und sich die Kerosinkosten reduzieren. Bei Investitionen gilt es daher für die Airlines auf neuartige Technologien, wie neu entwickelte Brennkammerkonzepte oder aerodynamische Verbesserungen, Wert zu legen. Auch auf die Wiederverwendung von Rohmaterialien ausgemusterter Flugzeuge in neuen Maschinen wird im Sinne einer nachhaltigen Unternehmenspolitik seitens der Triebwerks- und Flugzeughersteller immer mehr Augenmerk gelegt. Grundsätzlich ist für ein nachhaltiges Wirtschaften die Zusammenarbeit aller Akteure der Luftfahrtindustrie erforderlich, die gemeinsame Anstrengungen unternehmen, um die negativen Auswirkungen der Luftfahrt zu reduzieren.

⁵ Die Stückkosten beschreiben die Kosten, die durch einen Sitzplatz auf einem geflogenen Kilometer entstehen.

3 Luftverkehrsmanagement- Air Traffic Management

3.1 Präsentation des Air Traffic Managements

Das Air Traffic Management (ATM) setzt sich im Allgemeinen aus drei Bestandteilen zusammen. Zum einen aus der Air Traffic Control (ATC), welche sich mit der Überwachung und Steuerung des Luftverkehrs in verschiedenen Lufträumen beschäftigt und für eine sichere Flugdurchführung inklusive der Starts und Landungen sorgt. Diese Aufgabe wird von der Flugsicherung übernommen, welche auch als ATC bezeichnet wird. Zum anderen besteht das ATM aus dem Air Traffic Flow Management (ATFM), welches sich mit der Prüfung und Umsetzung der Flugpläne auseinandersetzt und somit für einen geordneten und sicheren Verkehrsfluss sorgt. Der letzte Bestandteil des ATM ist der Aeronautical Information Service, dessen Aufgabe es darstellt, alle flug- und flugzeugtechnischen Daten zu sammeln und diese allen Luftverkehrsteilnehmern mitzuteilen. (vgl. [41]: o.S.)

3.2 Relevante Aspekte des Air Traffic Managements

Im folgenden Kapitel wird auf die fünf wesentlichen Aspekte, an denen sich das Air Traffic Management messen lässt, eingegangen.

Im Jahr 1998 wurde die Performance Review Commission (PRC) seitens der European Organisation for the Safety of Air Navigation (EUROCONTROL) gegründet (vgl. [39]: o.S.). Seitdem gibt die PRC jährlich einen Bericht mit Einschätzungen und Bewertungen hinsichtlich der fünf bedeutenden Kernfaktoren des ATM, die auch als Key Performance Areas (KPAs) bezeichnet werden, heraus. Die KPAs umfassen die Sicherheit, die Kapazität, die Umwelt, das Verkehrsaufkommen und die Kosteneffizienz. Der Bericht wird als Performance Review Report bezeichnet und dessen Ziel ist folgendes: *“to ensure the effective management of the European air traffic management system through a strong, transparent and independent performance review and target setting system.”* ([61]: S.1) Zudem soll er besonders wichtige Aspekte hinsichtlich der weiteren Optimierung des ATM in den Vordergrund stellen (vgl. [39]: o.S.). Als Key Performance Indicators (KPIs) werden Kennzahlen bezeichnet, die den Erfolg oder Nichterfolg in den einzelnen KPAs belegen. Bezogen auf das ATM sind dies Air Navigation Service (ANS)- bedingte Unfälle, Verspätungen, Abweichungen von der vorausgeplanten Flugroute, die Anzahl durchgeführter IFR Flüge und die Kosten (vgl. [62]: S.i).

3.2.1 Sicherheit

Der KPA-Faktor Sicherheit wird an der Anzahl der vorgefallenen Unfälle pro Jahr gemessen. In Abbildung 3.1 wird diese Anzahl im Verlauf der Jahre von 2006 bis 2015 dargestellt. Es ist anzumerken, dass lediglich Vorfälle mit Flugzeugen, die ein MTOW von über 2250 kg aufweisen, Bestandteil dieser Auswertung sind.

Es wird deutlich, dass sich die Flugsicherheit in Europa innerhalb des ausgewerteten Zehn-Jahres- Zeitraums tendenziell verbessert hat. So fanden im Jahr 2015 insgesamt 25 Unfälle statt, wohingegen im Jahr 2006 noch 34 zu verzeichnen waren. Diese Unfälle können zum Beispiel ein Resultat eines Pilotenfehlers, eines technischen Defekts, eines unauthorisierten Eintritts in den Luftraum, eines Unwetters, eines Feuers oder einer Kollision mit einem Bodenfahrzeug sein. Nur bei je einem Unfallhergang (sowohl in 2006 als auch in 2015) war eine europäische Flugsicherungsbehörde beteiligt. Flugsicherungsbedingte Unfälle können z.B. durch Nichteinhaltung der Staffelungsabstände oder Nichtbeachtung von Runway-Belegungen entstehen.

Total commercial air transport (CAT) accidents and accidents with ANS contribution (fixed wing, weight > 2250Kg MTOW)

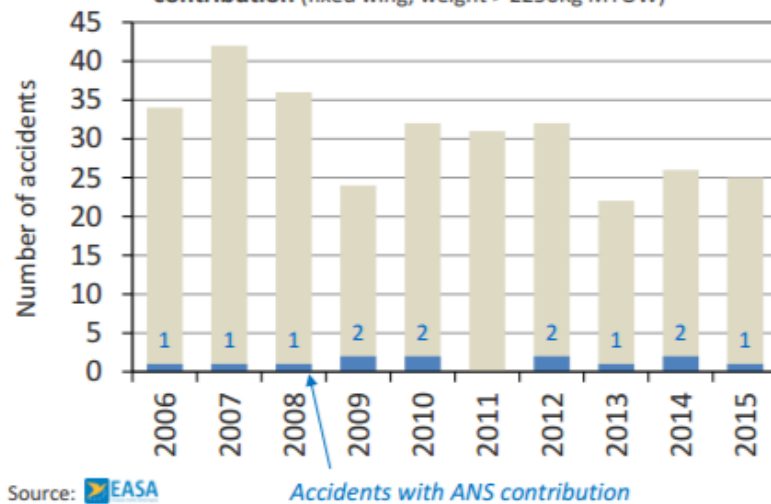


Abbildung 3.1: Vorgefallene Unfälle in den Jahren von 2006 bis 2015 ([62]: S.14)

Bei Betrachtung des Sicherheitsaspekts kann letztlich festgestellt werden, dass in Bezug auf das ATM auf hohem Qualitätslevel gearbeitet wird und somit ein hohes Sicherheitsniveau vorherrscht.

3.2.2 Umwelt

Als Nächstes soll der Umweltaspekt des ATM näher betrachtet werden. Dazu wird auf Abbildung 3.2 eingegangen.

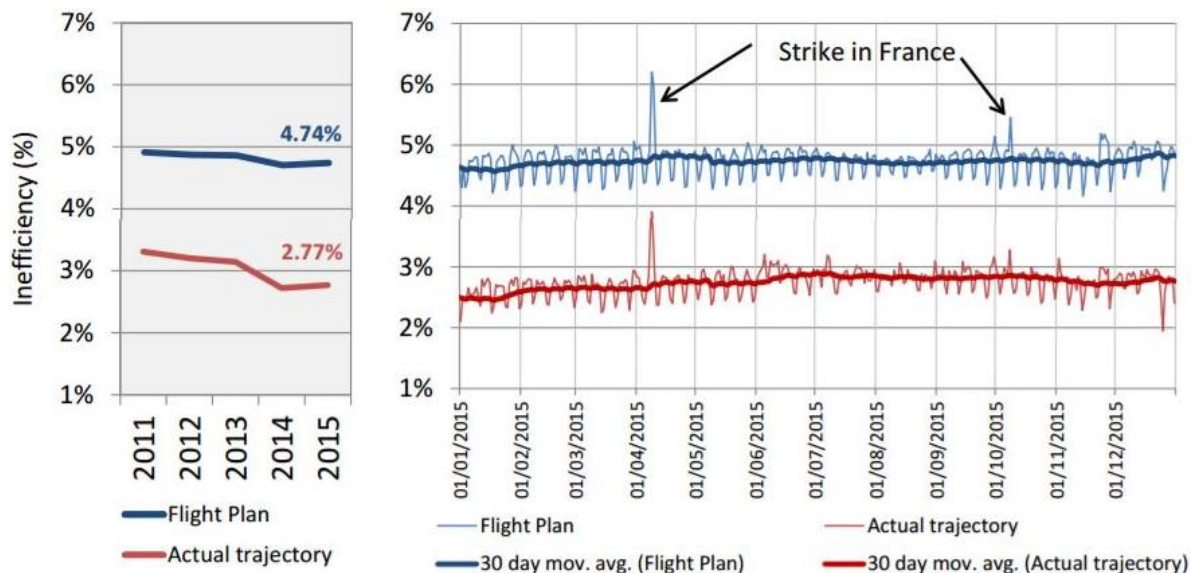


Abbildung 3.2: Entwicklung der tatsächlichen Flugrouten und der geplanten Trajektorien ([62]: S.60)

In dieser Abbildung werden zum einen die horizontale Flugstreckeneffizienz der eigentlich geplanten Flugbahnen (rot) und zum anderen die horizontale Flugstreckeneffizienz der gemäß Flugplan durchgeführten Flüge (blau) vergleichsweise dargestellt. Die horizontale Flugstreckeneffizienz bezeichnet den Unterschied zwischen der tatsächlich geflogenen Flugroute und der eigentlich geplanten Flugroute. Die eigentlich geplante Flugroute wird unter Berücksichtigung einer möglichst kurzen Flugstrecke und eines geringen Kraftstoffverbrauchs

erstellt. Jedoch kann diese Flugroute durch ein zeitweise starkes Flugaufkommen, unvorhergesehene Zwischenfälle an Flugzeugen oder im Luftraum, Wettergeschehnisse oder das Vorhandensein militärischer Sperrgebiete nicht immer gewährleistet werden. Zwar erstrecken sich diese Sperrgebiete nicht von Ground bis Unlimited, d.h. in definierten Höhen darunter und darüber kann geflogen werden. Befindet sich eine Maschine über einem solchen Sperrgebiet allerdings bereits im Sinkflug Richtung Zielflughafen, kann sie den erforderlichen Höhenkorridor nicht nutzen, da sie die zum Überflug notwendige Höhe nicht einhalten kann, wodurch ein Umfliegen erforderlich ist.

Zusätzlich zu den militärischen Sperrgebieten gibt es auch noch die temporär reservierten Lufträume (TRA), die z.B. für Flugshows zeitlich befristet eröffnet werden. Diese Lufträume sind für andere Luftverkehrsteilnehmer gesperrt und müssen umflogen werden. (vgl. [59]: S.531)

Es würden deutlich weniger Ineffizienzen entstehen, wenn die Flugzeuge ihre vorgesehenen Trajektorien fliegen könnten. Dies ist aber in Zeiträumen mit hohen Kapazitätsauslastungen nicht möglich, da zu viele Flugzeuge zeitgleich in einen Luftraum einfliegen bzw. einen Flughafen ansteuern. Im Jahr 2009 war die geflogene Route bei europaweiten Flügen noch um 5,03 % länger als die direkte Route (vgl. [70]: S.3). Die Ineffizienzen der tatsächlichen Flugrouten im Jahr 2014 wiesen nur noch einen Wert von 4,7 % auf (2015: 4,74 %) und die Ineffizienzen der eigentlich geplanten Trajektorien betrugen im Vergleich 2,72 % (2015: 2,77%) (vgl. [62]: S.60). Sie befinden sich bis heute auf einem annähernd gleichem Niveau, d.h. im Jahr 2016 betrugen die Ineffizienzen der tatsächlichen Flugroute 4,6 % und die der durch Trajektorie berechneten 2,9 % (vgl. [63]: S.27). Eine Ineffizienz von 5 % bedeutet einen geflogenen Umweg von 92,6 km bzw. 50 NM (vgl. [62]: S.60). Wird dieses Verhältnis auf die Daten der vergangenen Jahre übertragen, resultieren die folgenden Ergebnisse.

Jahr	Tatsächliche Flugroute [km]	Entspricht in %	Geplante Trajektorie [km]	Entspricht in %
2014	87,0	4,7	50,37	2,72
2015	87,8	4,74	51,3	2,77

Tabelle 3.1: Vergleich der tatsächlichen Flugroute mit der geplanten Trajektorie und daraus abgeleitete Umwege

Für die Nichteinhaltung der vorausgeplanten Trajektorien beim tatsächlich durchgeführten Flug gibt es vielfältige Gründe. Neben dem Wetter und den Windverhältnissen sind die in Europa von Land zu Land variierenden Gebührensätze bezüglich der Streckengebühren ein weiterer Grund. Da Airlines, wie jedes Unternehmen, grundsätzlich die Realisierung hoher Erlöse bei Verursachung geringer Kosten im Fokus haben, weichen sie von diesem Prinzip auch bei der Berechnung der Flugroute nicht ab. Daher wählen Airlines nicht die durch die Trajektorie geplante optimale Flugroute, sondern die für sie kostengünstigste, d.h. sie entscheiden sich bewusst für das Fliegen von Umwegen, um Gebiete mit höheren Gebührensätzen zu meiden und verursachen dadurch Ineffizienzen in Form eines daraus resultierenden höheren Ressourcenverbrauchs und erhöhter Schadstoffemissionen. Dieser Widerspruch geht auf Kosten der Umwelt, da diese in den Hintergrund gestellt wird.

Mögliche Maßnahmen zur Verbesserung der KPA Umwelt:

Es bedarf daher einer grundlegenden Neuausrichtung des Gebührentableaus, auf welches im Kap. 5.4ff eingegangen wird. Das neu entstehende Gebührenmodell mit einem europaweit einheitlichen Gebührensatz hätte zur Folge, dass sich Verkehrsströme hin zu den geplanten optimalen Trajektorien verlagern. Dies würde dazu führen, dass Gebiete künftig genutzt werden, die Airlines aktuell aufgrund ihres hohen Gebührensatzes meiden, womit in diesen Sektoren die Anzahl der SUs steigen würde. Diese Steigerung würde bei gleichbleibendem Niveau der ANS-Kosten zu einer Erhöhung der Kosteneffizienz führen.

3.2.3 Kapazität

Anschließend wird nun anhand von Abbildung 3.3 auf den dritten KPA-Faktor eingegangen, der die Kapazitätsauslastung verschiedener Bereiche umfasst. Als Key Performance Indicator zur Messung der Key Performance Area Kapazität dienen die auf verschiedene Ursachen zurückzuführenden Verspätungen. In der folgenden Abbildung werden lediglich die Verspätungen veranschaulicht, die dem ATFM zuzuschreiben sind. Es ist zu erkennen, dass die Verspätungen überwiegend aus Kapazitätsengpässen des Flugsicherungspersonals und der allgemeinen Auslastung sowie durch Betriebsstörungen der Flugsicherung resultieren.

An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass Kapazität kostet, d.h. wer pünktlich sein möchte, muss unter Umständen mehr zahlen. So kann bspw. eine Airline, die auf Strecke eine Verspätung aufholen möchte, mit hoher Geschwindigkeit fliegen, was wiederum einen erhöhten Kraftstoffverbrauch mit sich bringt und somit Mehrkosten verursacht.

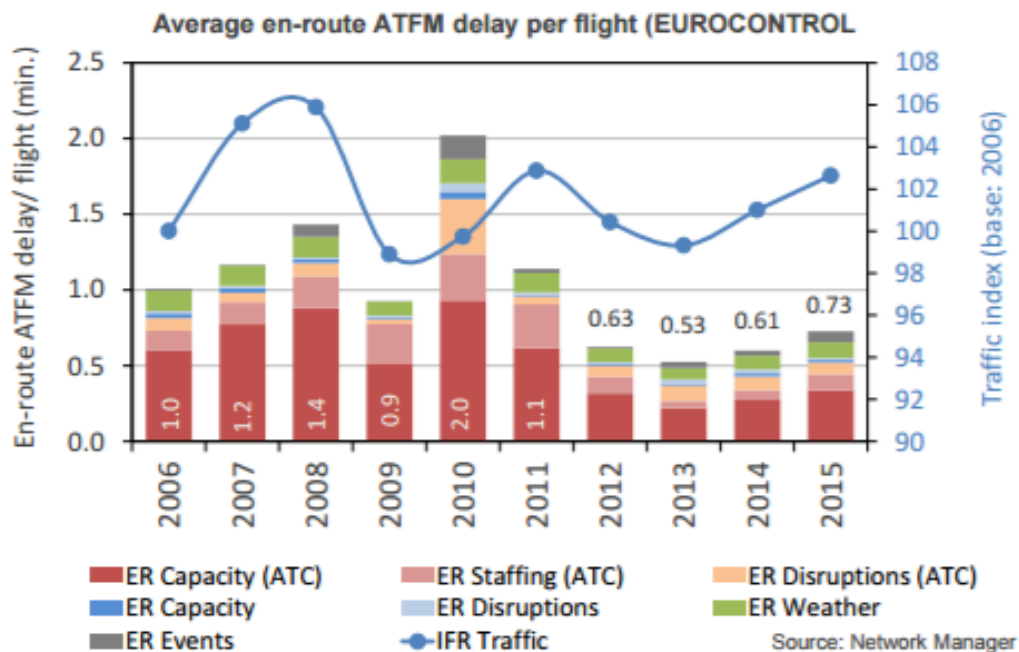


Abbildung 3.3: Durchschnittliche Verspätung pro Flug verursacht durch das ATFM ([62]: S.42)

Die nachfolgende Abbildung 3.4 veranschaulicht ergänzend auch die Verspätungen, die im ersten Quartal der Jahre 2016 und 2017 durch Airlines verursacht wurden. Es wird ersichtlich, dass diese Verspätungen im Vergleich zu den ATFM-Verspätungen einen viel größeren Teil ausmachen. Damit haben Airlines den größten Einfluss auf eine mögliche Verbesserung der Pünktlichkeit.

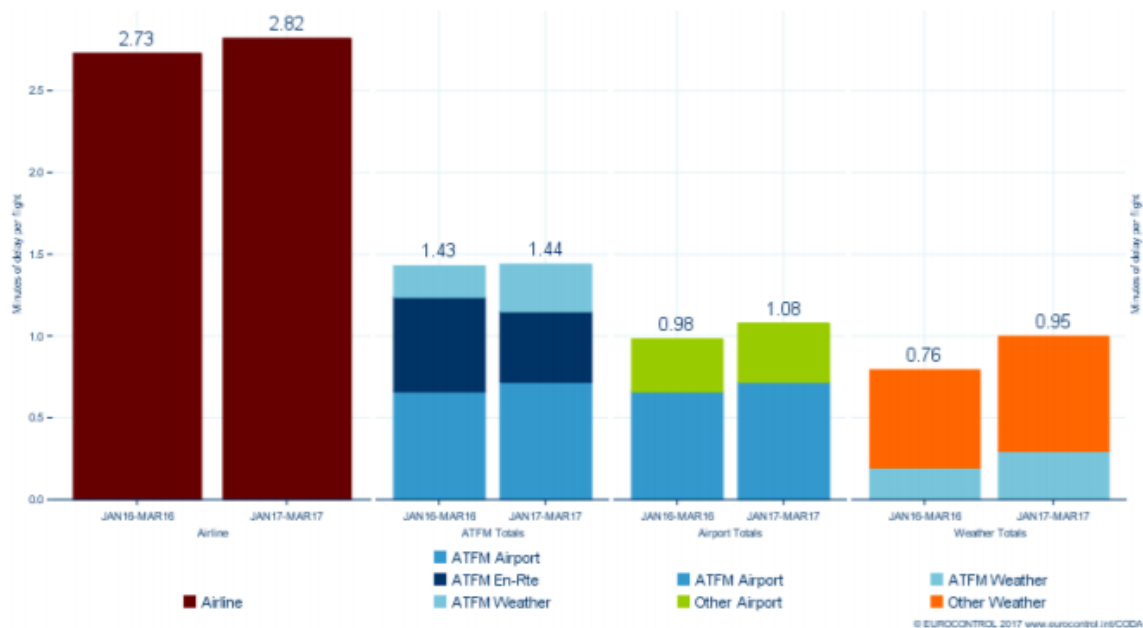


Abbildung 3.4: Durchschnittliche Verspätung pro Flug unterschiedlicher Verursacher ([43]:S.3)

Verspätungen können auch aus dem Einsatz veralteter Technik seitens ATC-Dienstleister resultieren. Ist bspw. die Radarerfassung einer Anlage zu ungenau, kann die betroffene ATC dazu gezwungen sein, größere Abstände bei der Flugzeugstaffelung einzuhalten, wodurch die Kapazitätsausnutzung und Verkehrsdichte nicht im Optimalbereich liegt.

In Abbildung 3.5 werden die aus der Qualität der Radaranlagen der jeweiligen europäischen Länder resultierenden möglichen Staffelungsdichten der zu kontrollierenden Flugzeuge dargestellt.

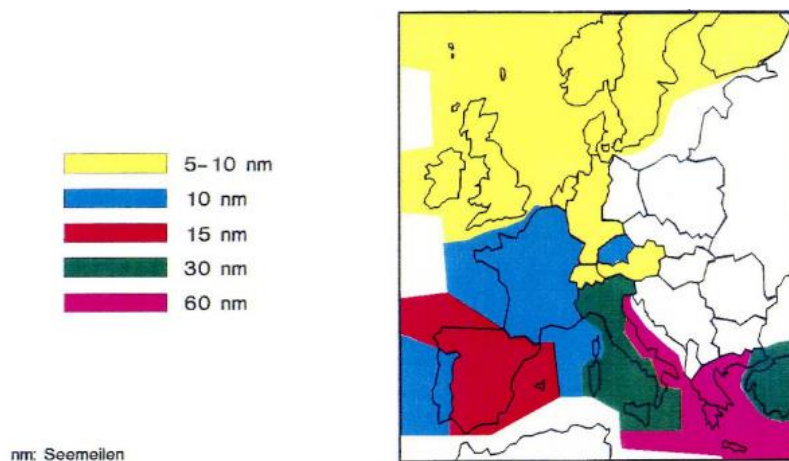


Abbildung 3.5: Unterschiedliche Staffelungsdichten in europäischen Staaten ([38]: S.11)

Ein sicherer und kontrollierter Flugablauf kann nur für eine bestimmte Anzahl an Flügen in einer gewissen Zeit gewährleistet werden, weshalb es bei allgemeinen Kapazitätsengpässen im Luftraum bei einigen Flügen zu Verzögerungen kommen kann, bspw. aufgrund von Holdings. Auch das Wetter trägt einen Teil zu auftretenden Verspätungen bei. Während dieses jedoch unbeeinflussbar ist, können in anderen Bereichen Verbesserungen vorgenommen werden. In folgender Abbildung 3.6 sind die prozentualen Anteile der pünktlichen An- und Abflüge in Europa in den Jahren von 2006 bis 2015 ersichtlich.

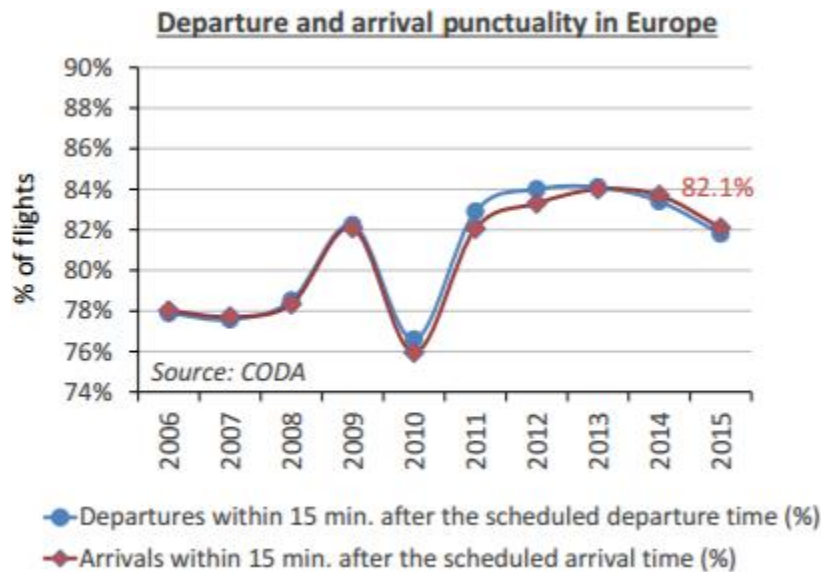


Abbildung 3.6: Pünktliche An- und Abflüge in Europa in Prozent ([62]: S.15)

In Europa konnte sich die Pünktlichkeit im Verlauf der Jahre grundsätzlich verbessern, was dem ATM zuzuschreiben ist. Im Jahr 2015 fanden 82,1 % der An- und Abflüge pünktlich statt. Es lässt sich folglich sagen, dass die Pünktlichkeit der innereuropäischen Flüge noch verbessert werden kann. Ziel sollte es jedoch nicht sein, diese um jeden Preis auf 100 % zu heben, da dies zu Lasten anderer Faktoren gehen würde. Ein Flug mit hoher Geschwindigkeit würde für die Airline bspw. den Kerosinverbrauch und die damit verbundenen Kosten erhöhen, sodass dieses Vorgehen für die Airline nicht effizient wäre.

Der starke Einbruch der Pünktlichkeitsquote im Jahr 2010 hat verschiedene Ursachen. Zum einen liegt er in den Fluglotsenstreiks in Folge von Arbeitskampfmaßnahmen in einigen Ländern Europas (z.B. in Frankreich und Spanien) und zum anderen in den extremen Wettersituationen (Schnee und Kälte) zu Beginn und Ende des Jahres begründet (vgl. [19]: S.25f). Auch die geringfügige Verschlechterung der Pünktlichkeit von 2014 zu 2015 ist schlechtem Wetter geschuldet. Außerdem führten Verzögerungen in den Abfertigungsprozessen der Airlines zu Verspätungen. (vgl. [21]: S.25ff)

Mögliche Maßnahmen zur Verbesserung der KPA Kapazität:

Die Aufsichtsbehörden sollten die ATC der einzelnen europäischen Länder dazu verpflichten, Technik bereitzustellen und anzuwenden, die einen einheitlichen, zeitgemäßen Standard vorweist, sodass europaweit identische Maßstäbe angewendet werden können. So könnten europaweit die identischen Staffellungsabstände Anwendung finden und so eine bessere Ausnutzung des gesamten Luftraums erfolgen, was zu einer Reduzierung von staffellungsbedingten Verspätungen führen würde. Die daraus resultierenden Investitionskosten würden kurzfristig zu einer Verschlechterung der Kosteneffizienz führen. Durch den Mehrwert der neuen Technik würden sich diese jedoch mittel- und langfristig auszahlen.

Personalengpässe könnten verringert werden, indem das Vier-Augen-Prinzip situationsbedingt aufgelöst und durch ein Zwei-Augen-Prinzip ersetzt wird. Dies würde Personal freisetzen, das dann an anderer erforderlicher Stelle eingesetzt werden könnte. So wäre es möglich, Personal aus Luftraumsektoren mit wenig Verkehrsaufkommen abzuziehen und in Sektoren mit hohem Verkehrsaufkommen einzusetzen. Da bei der ATC Sicherheit oberste Priorität hat, ist die Aufweichung des Vier-Augen-Prinzips jedoch nicht pauschal zu empfehlen, sondern nur unter Abwägung des Risiko-Nutzen-Aspekts.

3.2.4 Kosteneffizienz

Zuletzt soll nun auf den Aspekt der Kosteneffizienz eingegangen werden. Zur Veranschaulichung dient Abbildung 3.7. Aus dieser geht hervor, dass die Kosten pro En-Route Service Unit (SU) von 2009 bis 2014 kontinuierlich von 60,10 Euro auf 50,50 Euro gesunken sind, was einer Reduzierung von 3,4 % entspricht. Während die Anzahl der durchzuführenden SUs auf 116 Millionen angestiegen ist und die ANS-Kosten über die Jahre weitestgehend gleichbleibend waren. Diese Entwicklung weist einen positiven Trend auf, da mehr SUs ohne Kostensteigerung der ANS betreut wurden. Mit dem Begriff SU wird eine Streckendienstleistungseinheit bezeichnet (vgl. Kapitel 2.2).

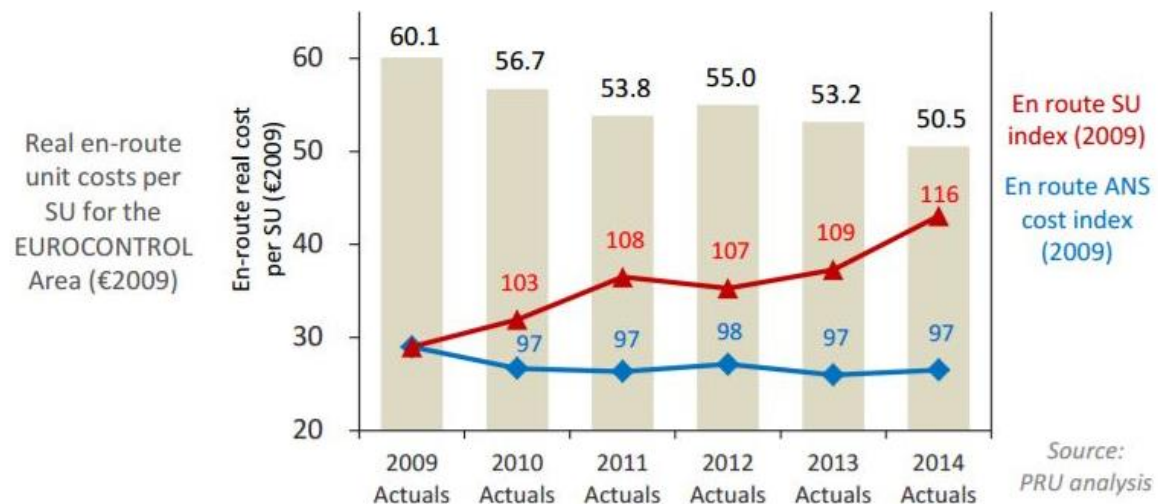


Abbildung 3.7: Entwicklung der Kosteneffizienz des ATM ([62]: S.89)

Mögliche Maßnahmen zur Verbesserung der KPA Kosteneffizienz:

Um die Kosteneffizienz weiter zu steigern, besteht neben der Steigerung der SUs bei gleichbleibenden ANS-Kosten auch die Möglichkeit der Senkung der ANS-Kosten bei gleichbleibender Anzahl der SUs. Eine Senkung der Gehälter ist allerdings durch gewerkschaftlich festgelegte Lohnniveaus und inkludierte Zusatzleistungen nahezu ausgeschlossen. Insofern bleibt bspw. die Möglichkeit zur Reduzierung des Personals, die durch Automatisierung von Prozessen umgesetzt werden könnte. Damit müsste das Lohnniveau nicht angerührt werden und man könnte trotzdem Personalkosten sparen. Kosteneinsparungen im Bereich der ANS-Kosten sind zudem auch durch die Erweiterung von Verantwortungsbereichen, wie dem oben bereits erwähnten Zwei-Augen-Prinzip, realisierbar. Denn das hätte zur Folge, dass ein Personalüberhang entsteht, der dann je nach Bedarf an anderer Stelle eingesetzt werden könnte. Durch natürliche Fluktuation (z.B. Ruhestand) austretende Mitarbeiter, müssten dann nicht eins zu eins ersetzt werden, da überschüssige Personalkapazitäten vorhanden wären. Mittel- und langfristig würde dies die Personalkosten reduzieren und somit die Kosteneffizienz steigern. Wie bereits im Kap. 3.2.3 erwähnt, darf diese Umsetzung nicht auf Kosten der Sicherheit erfolgen.

Die Vereinheitlichung des europäischen Luftraums stellt eine Voraussetzung für die Verbesserung der fünf Key Performance Areas des ATM dar. Diesen Ansatz verfolgt das Single European Sky-Konzept, welches im Folgenden vorgestellt wird.

3.3 Single European Sky-Konzept

Ein Problem im europäischen Luftverkehrssystem ist die Vielzahl der europäischen Flugsicherungen (vgl. [45]: S.7). Eine Problematik ist dies, da die auf nationale Ebene ausgerichteten Flugsicherungen unterschiedliche Systeme verwenden, die verschiedene technische Niveaus und dementsprechend differenzierte Leistungsspektren (vgl. Abb. 3.5) aufweisen. Auch die verwendeten Regelwerke und Vorgehensweisen sind nicht komplett identisch. (vgl. [45]: S.16) Zudem legen sie bei der Berechnung der Streckengebühren unterschiedliche Gebührensätze zu Grunde. All dies trägt dazu bei, dass die mögliche Leistungsfähigkeit des europäischen Flugsicherungssystems nicht voll ausgeschöpft werden kann und Kapazitäten unnötig in Anspruch genommen werden. So beanspruchen Airlines bspw. die Flugsicherungsdienste von mehr Ländern als erforderlich, da sie die kostengünstigste Flugroute wählen und nicht die nach Trajektorie berechnete optimale, obwohl diese weniger ATC-Aufwand erfordern würde. Um das zukünftige Luftverkehrsaufkommen effizienter bewältigen zu können, müssen entsprechende Maßnahmen ergriffen werden.

So stellt das Single European Sky-Konzept eine wesentliche Maßnahme dar, durch welche die Leistung des Luftverkehrsmanagements und der Flugsicherungen verbessert werden soll. Es wurde von der Europäischen Kommission im Jahr 1999 ins Leben gerufen, da es seitens der Flugsicherungen zunehmend zu Verspätungen kam und dem entgegengewirkt werden musste (vgl. [40]: o.S.; vgl. [70]: S.1). Die folgende Abbildung 3.8 zeigt sowohl die 41 Mitgliedsstaaten der EUROCONTROL als auch die 30 Länder, die das SES-Konzept verfolgen. Es wird der Stand des Jahres 2015 dargestellt.

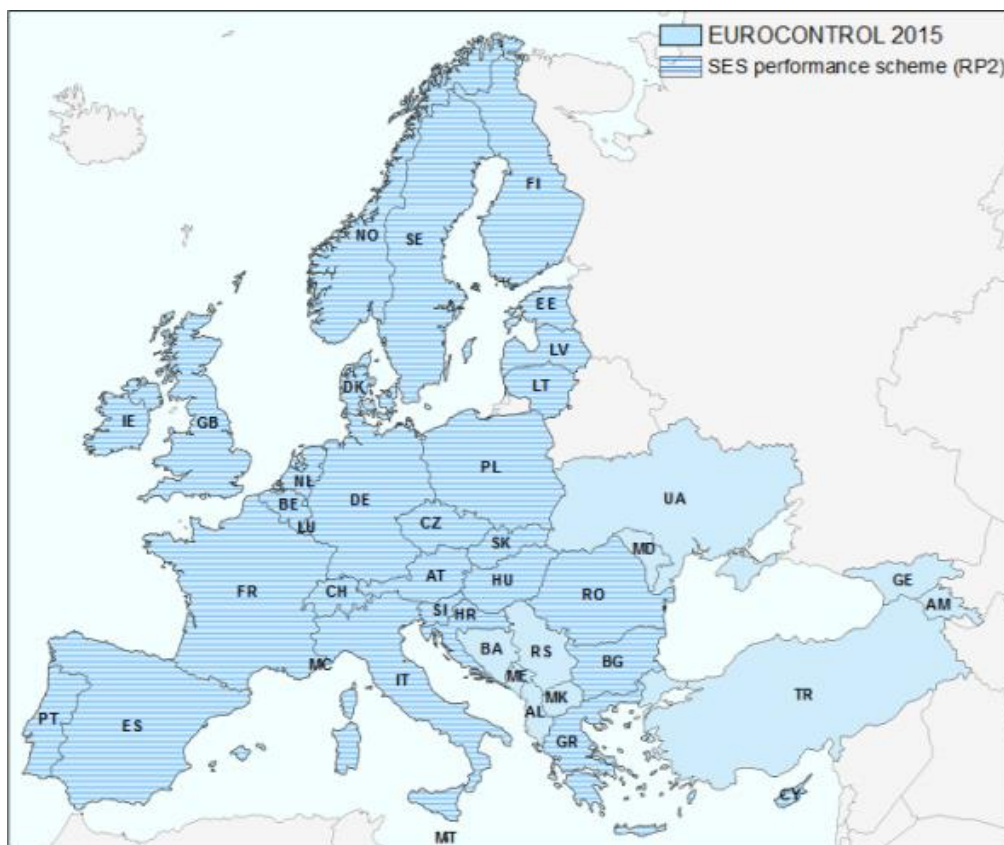


Abbildung 3.8: Mitgliedsstaaten der EUROCONTROL und Anwendung des SES Performance Schemas ([62]: S.1)

Mit dem SES soll das Ziel verfolgt werden, einen einheitlichen europäischen Luftraum zu schaffen. Durch diese Vereinheitlichung soll eine Effizienz- und Leistungssteigerung des

Luftverkehrs und auch der Flugsicherungen erreicht werden. (vgl. [70]: S.1) Diese Effizienzsteigerung bezieht sich auf das Reduzieren von Verspätungen, dem Verkürzen der Flugzeit und der Flugstrecke, der Senkung des Kraftstoffverbrauchs und der entstehenden Schadstoffemissionen durch Flugroutenoptimierungen und den damit einhergehenden Kosteneinsparungen. Bei der Umsetzung der genannten Maßnahmen ist darauf zu achten, dass der Faktor Sicherheit mit höchster Priorität Beachtung findet. Die Leistungsziele, die in den Bereichen Sicherheit, Kapazität, Umwelt und Kosteneffizienz durch das SES-Konzept erzielt werden und zur oben genannten Effizienzsteigerung beitragen sollen, sind die folgenden:

Das erste Ziel besteht darin, die dreifache Menge an Flügen bewältigen zu können. Dies soll außerdem vom zweiten und dritten Ziel, nämlich einer 10%igen Erhöhung der Sicherheit und einer 10%igen Minimierung von Belastungen für die Umwelt pro Flug begleitet werden. Das vierte Ziel nimmt Bezug auf die entstehenden Kosten, die im Rahmen des Air Traffic Managements anfallen. Diese sollen um die Hälfte reduziert werden. (vgl. [47]: S.2) Alle Ziele sollen bis zum Jahr 2035 umgesetzt werden (vgl. [66]: S.1).

Da die einzelnen europäischen Flugsicherungsorganisationen jeweils auf ihre eigenen Lufträume geschult und ihre verwendete Technik fixiert sind, behindert dies die Implementierung der Functional Airspace Blocks (FABs). Dies sind Luftraumblöcke, die im Zuge des SES-Konzepts zur Einteilung des europäischen Luftraums eingerichtet wurden (vgl. [58]: S.172). Deutschland zählt hier zum Luftraumblock „Functional Airspace Block Europe Central“ (vgl. Abb. 3.9), welcher sich durch eine starke Flugfrequentierung auszeichnet, da er sich im Zentrum Europas befindet (vgl. [11]: S.1). Die weitere Aufteilung in die verschiedenen Luftraumblöcke ist in Abbildung 3.9 ersichtlich. Die Einteilung in derartige Luftraumblöcke stellt eine erste Maßnahme zur Vereinheitlichung des europäischen Luftraums dar. Dadurch soll eine Effizienzsteigerung des europäischen Flugverkehrs durch Kosteneinsparungen und Kapazitätssteigerung erzielt werden. Auch die Zusammenarbeit unter den einzelnen europäischen Flugsicherungsorganisationen über Landesgrenzen hinaus soll dadurch eine Verbesserung erfahren (vgl. [70]: S.2f). Dies kann bis hin zu einem Zusammenschluss einzelner Flugsicherungen führen, wodurch ANS-Kosten eingespart werden könnten (vgl. [70]: S.2f). Die besagte Aufteilung in Luftraumblöcke konnte bis heute zwar bereits vorgenommen werden, doch aufgrund mangelnder Umsetzung verfolgen die Staaten bis zum jetzigen Zeitpunkt noch ihre eigenen Flugsicherungskonzepte, welche sich nicht an den Verkehrsströmen, wie es laut SES vorgesehen ist, ausrichten (vgl. [70]: S.2f). Barrieren, die die Umsetzung bisher behindert haben, sind die in den einzelnen Ländern unterschiedlichen Lohnniveaus und Regierungen mit ihrer entsprechend auf ihr Land ausgerichteten Politik. Daher stellt es weiterhin einen essentiellen Schritt für die Zukunft dar, nationale Widerstände der SES-Mitgliedsstaaten durch Maßnahmen der EU-Kommission zu überwinden und ein einheitliches Konzept einzuführen.

So gibt es aktuell beispielsweise ein von der EU-Kommission ins Leben gerufene Vertragsverletzungsverfahren gegen die Mitgliedsstaaten Deutschland, Belgien, Frankreich, Luxemburg und die Niederlande, die im Zuge dieses Verfahrens dazu aufgerufen wurden, die Implementierung ihres FABs voranzutreiben. Sofern sie dieser Forderung innerhalb der gegebenen Frist nicht nachkommen, droht ihnen eine Klage vor dem Gerichtshof der Europäischen Union. (vgl. [46]: S.4f)

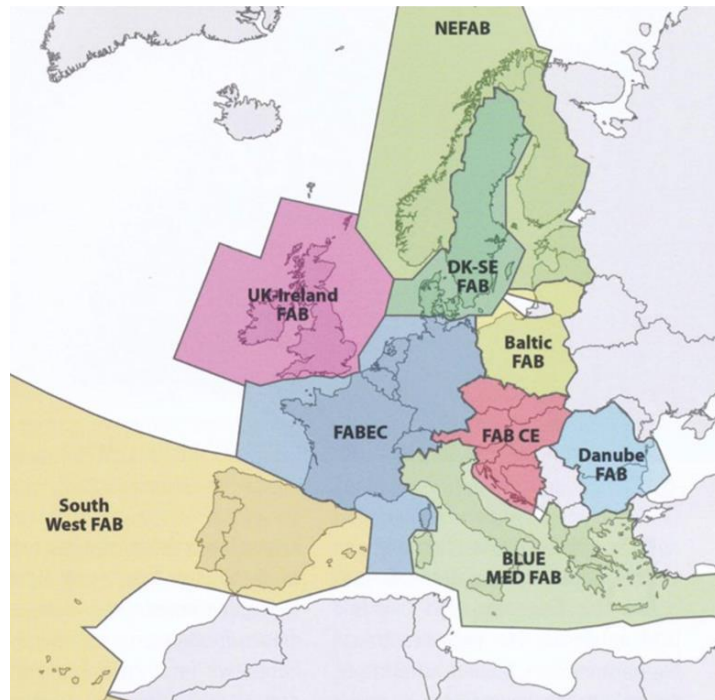


Abbildung 3.9: Aufteilung des europäischen Luftraums in Luftraumblöcke ([58]: S.173)

Das SES-Konzept wird durch das Single European Sky ATM Research Programm (SESAR) durch die Bereitstellung neuartiger Technologien unterstützt (vgl. [40]: o.S.). SESAR kann daher als technologische Säule des SES angesehen werden. Das SESAR-Konzept wird nachfolgend näher erläutert.

3.4 SESAR-Konzept

Durch die enge Verknüpfung von SES und SESAR kann gesagt werden, dass beide Programme das identische Ziel verfolgen, welches die Optimierung der Leistungsfähigkeit des europäischen ATM umfasst. Die geplante Optimierung besteht aus den vier bereits genannten ambitionierten Leistungszielen (vgl. Kap. 3.3). Diese sollten ursprünglich bis zum Jahr 2020 erfolgreich umgesetzt worden sein, jedoch wurde die geplante Zielerreichung auf das Jahr 2035 korrigiert (vgl. [47]: S.2; vgl. [66]: S.1). Dies liegt an der mangelnden Zusammenarbeit zwischen Europäischer Kommission, Flugsicherungsorganisationen und nationalen Aufsichtsbehörden.

Nachfolgend wird anhand einiger Meilensteine aufgezeigt, inwieweit SESAR seine Ziele bis zum jetzigen Zeitpunkt erreicht hat. Im Jahr 2012 konnte der weltweit erste Flug in vier Dimensionen durchgeführt werden. Diese Art des Fliegens trägt aufgrund der exakten Planbarkeit zu einer maßgeblichen Verbesserung der Pünktlichkeit und Effizienz von Flügen bei. Ein weiterer Entwicklungsfortschritt war die Eröffnung der weltweit ersten Remote- Tower- Anlage in Schweden im Jahr 2014. Über Remote- Tower- Anlagen können Flugbewegungen auch aus großen Entfernungen überwacht und gesteuert werden. Dies kommt besonders abgelegenen Standorten zu Gute und trägt dazu bei, die regionale Wirtschaft voranzutreiben. (vgl. [66]: S.2)

3.5 Zwischenfazit

Um eine Effizienz- und Leistungssteigerung sowie eine bessere Kapazitätsnutzung des europäischen Luftverkehrssystems zu erzielen, sollte die Umsetzung des SES-Konzepts dringend vorangetrieben werden. Das bedeutet, dass die einzelnen Länder die Implementierung ihrer funktionalen Luftraumblöcke vollziehen müssen, da die mangelhafte

Umsetzung zu zusätzlichen Kosten führt. Zur Schaffung eines einheitlichen europäischen Luftraums wird es nur kommen, wenn die Europäische Kommission die jeweiligen Aufsichtsbehörden anweist, die Umsetzung durch die Flugsicherungsorganisationen zu forcieren und zu überwachen, d.h. die das SES-Konzept verfolgenden Staaten müssen legislative und regulative Maßnahmen ergreifen und Regelwerke und Verfahren europaweit harmonisieren (vgl. [64]: S.51). Des Weiteren ist es wichtig, alle Flugsicherungen auf einen identischen Technikstandard zu bringen, sodass europaweit identische Arbeitsweisen und Prozesse angewendet werden können. Schließlich muss Personal auf die neuen Lufträume (FABs) geschult werden.

3.6 Vergleich der europäischen und amerikanischen Air Traffic Control

Die folgende Tabelle 3.2 dient zum Vergleich der ATC in Europa und in den USA.

Europa	USA
<ul style="list-style-type: none"> Die Flugsicherung obliegt dem jeweiligen europäischen Staat → 37 Flugsicherungsdienstleister 	<ul style="list-style-type: none"> Die Flugsicherung obliegt dem amerikanischen Staat → ein Flugsicherungsdienstleister
<ul style="list-style-type: none"> Verschiedene Flugsicherungskonzepte (von DFS, Austro Control, etc. betrieben) 	<ul style="list-style-type: none"> Ein einheitliches Flugsicherungskonzept (von FAA betrieben)
<ul style="list-style-type: none"> 62 Luftraumkontrollzentralen zzgl. 16 Tower (Approach Control) europaweit → insgesamt 78 Einrichtungen 	<ul style="list-style-type: none"> 20 Luftraumkontrollzentralen zzgl. 26 Terminal Radar Approach Control (TRACON) in den USA → insgesamt 46 Einrichtungen
<ul style="list-style-type: none"> EU weist eine größere Anzahl von Sperrgebieten auf, die den zivilen Luftverkehr aufgrund ihrer zentralen Lage und großflächigen Verstreuung stark beeinflussen (vgl. Abb.3.10) 	<ul style="list-style-type: none"> USA weist eine geringere Anzahl von Sperrgebieten mit nicht zentraler Position (Küstengebiete), wodurch v.a. der transkontinentale Luftverkehr weniger stark eingeschränkt ist als in EU (vgl. Abb. 3.10)
<ul style="list-style-type: none"> Unterschiedliche Arbeitsbedingungen 	

Tabelle 3.2: Vergleich des ATM in Europa und in den USA (vgl. [45]: S.7 und 16f)

Da die Flugsicherung in Europa den jeweiligen europäischen Staaten obliegt, werden europaweit 37 verschiedene Flugsicherungen mit sich unterscheidenden Konzepten, differenzierter Technik und verschiedenen Vorgehensweisen betrieben, obwohl das ATFM in Europa vom Netzwerk-Manager zentral aufeinander abgestimmt wird (vgl. [45]: S.16).

Dahingegen wird das ATM in den USA lediglich von einem Flugsicherungsdienstleister betrieben. Daher ist in den gesamten USA ein einziges einheitliches Flugsicherungskonzept mit identischem Arbeitsgerät, uniformen Kommunikationsprozessen und Vorgehensweisen in jeder Luftraumkontrollzentrale der USA in Verwendung. (vgl. [45]: S.16) So nutzt die ATC in den USA bspw. das Zwei-Augen-Prinzip. Zudem sind in den USA lediglich 20 Luftraumkontrollzentralen zzgl. 26 TRACON in Betrieb, während es in Europa 62 Kontrollzentralen zzgl. 16 Tower sind (vgl. [45]: S.7).

Ein weiterer Unterscheidungsfaktor ist die Lage von sogenannten „Special Use Airspace“ (SUA) Bereichen. Diese Bereiche dürfen vom zivilen Luftverkehr nicht oder nur in bestimmten Höhen- und Zeitkorridoren überflogen werden, da es sich bspw. um militärische Sperrgebiete handelt (vgl. [45]: S.17). Da diese Gebiete europaweit breit verstreut sind und sich auch im Zentrum Europas befinden, behindern diese durch evtl. notwendiges Umfliegen die optimalen

Flugrouten. Im Gegensatz dazu befinden sich die SUA in den USA überwiegend in Küstennähe und am Rande des Landes, weshalb zwar der zivile Transkontinentalverkehr weniger Einschränkungen erfährt, jedoch der ein- und ausfliegende Interkontinentalverkehr davon benachteiligt ist. Die Lage der SUA in Europa und in den USA kann Abbildung 3.10 entnommen werden. Es handelt sich dabei um die blauen Bereiche.

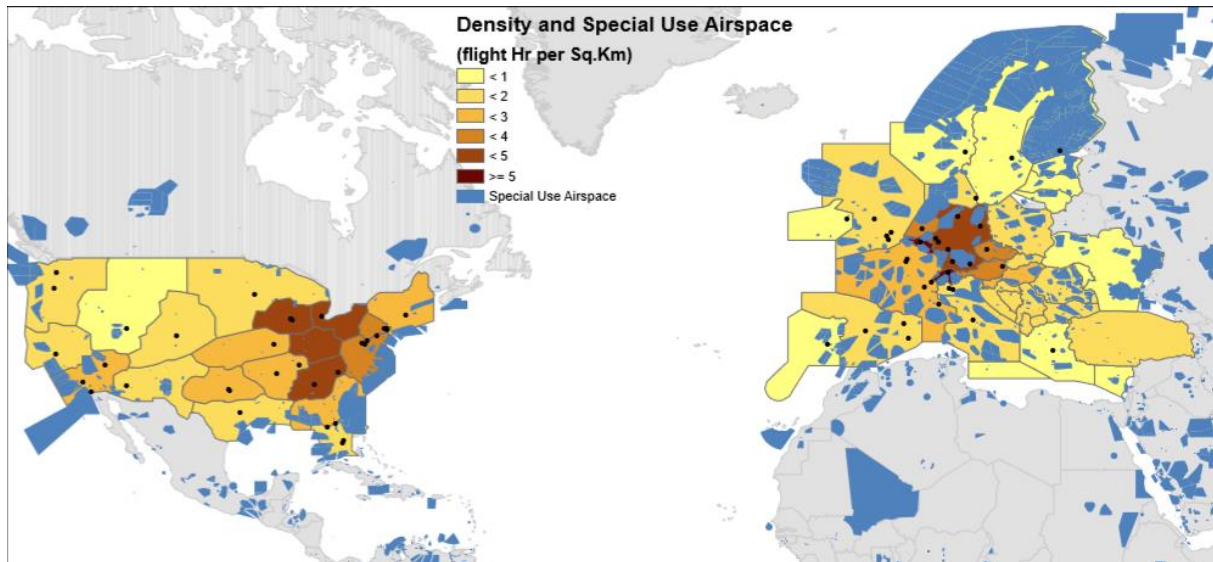


Abbildung 3.10: Vergleich der Lage der Sperrgebiete in Europa und in den USA ([45]: S.17)

4 Der Beitrag der Airlines zur optimalen Wertschöpfung im System Luftverkehr

Airlines sind neben der Flugsicherung und den Flughäfen einer der drei Hauptakteure der Wertschöpfungskette des Luftverkehrssektors. Der Beitrag der Airlines zu einer optimalen Wertschöpfung in diesem Sektor besteht in der eigentlichen Beförderungsleistung von Passagieren und der Transportleistung von Fracht vom Ursprungsort zum Zielort. Beim Zustandekommen dieser Transportleistung haben Airlines genau wie alle anderen Akteure die Herausforderung zu bewältigen, ihren Beitrag so optimal wie möglich zu erbringen. Das heißt die Sicherheit, die Wirtschaftlichkeit, die Pünktlichkeit, das Verkehrsaufkommen und die Nachhaltigkeit in sämtlichen Handlungen zu berücksichtigen. Um zu prüfen, ob die Airlines diesen Anspruch bereits erfüllen oder ob noch Verbesserungspotential besteht, beschäftigt sich das folgende Kapitel mit den Airline-Strategien. Beim Aufdecken von Handlungsbedarf werden auch Optimierungsvorschläge unterbreitet.

4.1 Betrachtung von Airline-Strategien und deren Auswirkungen auf die Effizienz und Wertschöpfung im Luftverkehr

Um die vorhandenen Marktpotentiale zu heben und nutzen zu können, müssen Airlines, wie andere Branchen auch, Strategien entwickeln und anwenden. Fluggesellschaften können generell nach vier möglichen Airline-Strategien vorgehen, die sich wesentlich in den Bereichen ihres Einsatzgebietes und ihrer Zielgruppe voneinander unterscheiden (vgl. [16]: S.225). Im weiteren Verlauf werden die vier Geschäftsmodelle dargestellt.

Geschäftsmodell	Beispiel
Netzwerk-Carrier (NC)	Lufthansa Passage Group
Leisure-Carrier (LC)	Condor, LTU
Regional-Carrier (RC)	Lufthansa Regional (Lufthansa City Line)
Low-Cost-Carrier (LCC)	Ryanair, Easy Jet

Tabelle 4.1: Mögliche Geschäftsmodelle einer Airline (vgl. [16]: S.225)

4.1.1 Netzwerk-Carrier

Die Klientel der NC setzt sich aus Geschäfts- und Privatreisenden zusammen. Traditionelle bürokratische Unternehmensstrukturen und Prozesse schränken die Flexibilität der NC oft ein und verursachen ihnen hohe Kosten. NC verfügen über eine hohe globale Marktpresenz und nutzen Vielfliegerprogramme, wodurch sie Kunden binden und treue Stammkunden generieren. (vgl. [16]: S.228ff) Diese Kunden wandern seltener zur Konkurrenz ab und verschaffen dem Unternehmen somit gesicherte Einnahmen.

Eine Besonderheit, die lediglich NC aufweisen, besteht in der Bildung strategischer Allianzen, wie bspw. Star Alliance. Dadurch gelingt es Ihnen, trotz fehlender Verkehrsrechte, ihr Streckennetz in Kooperation mit anderen Fluggesellschaften weltweit auszubauen, die Frequenzen der angebotenen Flüge zu erhöhen und sich damit Marktpositionen zu sichern. Durch ein Zusammenschließen mit Partnern, die möglichst komplementäre Flugrouten in ihrem Flugnetz vorweisen, können erhöhte Netzwerkeffekte erzielt werden. So können sie bspw. von einem erhöhten Sitzladefaktor profitieren, indem sie sich gegenseitig Passagiere zuspülen. Zudem findet eine Zusammenarbeit in Bereichen wie der Flugplanabstimmung, den Vielfliegerprogrammen und den Bodendiensten statt, wodurch Synergieeffekte erzielt werden. (vgl. [57]: S.76f)

Typisch für NC ist eine starke Lobbyarbeit, mit der sie Einfluss auf die Verkehrspolitik ihres Landes nehmen und Eigeninteressen durchsetzen können sowie Vorteile gegenüber anderen Airlines genießen. Eine weitere Stärke von NC ist ihr global ausgebautes Streckennetz und

die Dominanz bei Inlandsflügen (vgl. [16]: S.229). Daraus resultiert, dass sie eine hohe Nachfrage bedienen und dementsprechende Erlöse vereinnahmen können, da Konkurrenzairlines diese Flugverbindungen zum Teil nicht anbieten.

Ein wesentliches Merkmal der NC ist, dass sie Linienflugverkehr unter der Verwendung von Hub-and-Spoke-Systemen durchführen (vgl. [16]: S.228). Ein Hub fungiert als zentrales Drehkreuz, zu welchem Passagiere mit Zubringerflügen befördert werden, um in eine auf ihren Flug abgestimmte Flugverbindung (Spoke) umzusteigen. Umgekehrt funktioniert dieses Prinzip auch mit Abbringerflügen. NC fliegen überwiegend die großen Primärflughäfen eines Landes an, für die eine hohe Kapazitätsauslastung des Luftraums und des Rollfeldes zu den Hauptverkehrszeiten kennzeichnend ist (vgl. Abb. 4.1) (vgl. [16]: S.228). Airlines, die sich eines Hub-and-Spoke-Systems bedienen, profitieren jedoch von Privilegien in der Slotvergabe an ihren Heimathubs (vgl. [16]: S.229). Durch Hub-and-Spoke-Systeme können große Passagieraufkommen gebündelt werden, jedoch ist das System aufgrund seiner hohen Planungskomplexität störanfällig. So ist ein hoher Planungsaufwand in Bezug auf die aufeinander abzustimmenden Flüge und bei der Gepäck- und Bodenabfertigung erforderlich. Dieses Konstrukt ist daher anfällig für Ineffizienzen. Bei einer Nichteinhaltung des Flugplans kann es zu Verspätungen kommen, die ein Verpassen von Anschlussflügen mit sich bringen und eine Unzufriedenheit beim Kunden auslösen. Außerdem können den Airlines durch derartige Vorfälle zusätzliche Kosten durch Entschädigungszahlungen entstehen und im schlimmsten Fall gehen Kunden verloren.

Da NC verkehrsrechtlich verpflichtet sind, ihre Flugpläne einzuhalten, ist es ihnen nicht gewährt, Flüge zusammenzulegen oder Flüge ausfallen zu lassen (vgl. [16]: S.230). Dies hat den Nachteil, dass sie kurzfristig nur eingeschränkt auf Nachfrageschwankungen reagieren können und somit auch Flüge durchführen müssen, die eine niedrige Kapazitätsauslastung vorweisen. Dies kann dazu führen, dass der Break Even Point für einen derartigen Flug nicht erreicht wird und die Airline bezogen auf diesen Flug nicht gewinnbringend arbeitet.

Da die NC ein qualitativ hochwertiges nach Beförderungsklassen differenziertes Produkt- und Serviceangebot an Bord anbieten, entsteht für diese ein erhöhter Planungs- sowie Kostenaufwand. So müssen unterschiedliche Catering-Varianten, Zeitschriften oder Decken vor Flugbeginn verladen und unterschiedliche Entertainment-Programme bereitgestellt werden. Dies erfordert zusätzliche Zeit und logistischen Mehraufwand.

Bei der Betrachtung der Beförderungsklassen lässt sich feststellen, dass die Umweltbelastung bei einem Premium-Klasse-Flug deutlich höher ausfällt, als bei einem Flug in der Economy-Klasse. Dies liegt daran, dass für die Premium-Klasse mehr Platz benötigt wird. Dadurch verringert sich die absolute Anzahl der vorhandenen Sitzplätze und es können weniger Passagiere als bei einer reinen Economy-Konfiguration befördert werden. Da sich der gesamte CO₂-Ausstoß bei einer Mehrklassenkonfiguration auf weniger beförderte Passagiere verteilt, entsteht dadurch der höhere CO₂-Ausstoß pro Passagier. Diese erhöhte Umweltbelastung findet seitens der Airlines bei Nutzung einer Mehrklassenkonfiguration in der Preiskalkulation Berücksichtigung. Die durch die Premium-Class-Bestuhlung in Kauf genommene geringere Kapazitätsausnutzung und die daraus resultierende Erhöhung der Stückkosten wird auf die Premium-Class-Passagiere umgelegt und entsprechend in ihre Ticketpreise integriert. Das ermöglicht den Airlines, auch mit einer Mehrklassenkonfiguration gewinnbringend zu operieren. (vgl. Kap. 2.4.1)

Da ein NC ein breit aufgestelltes Streckennetz anbietet, muss auch seine Flotte darauf abgestimmt sein, wodurch ein ausgewogener Flottenmix erforderlich ist. Es müssen sowohl Flugzeuge für die Kurzstrecke als auch für die Mittel- und Langstrecke in der Flotte enthalten sein. Zudem müssen die Flugzeuge unterschiedliche Kapazitäten aufweisen, damit der NC seine Flugzeugmodelle je nach vorherrschender Nachfrage auf bestimmten Strecken

einsetzen kann. NC sind zwar verkehrsrechtlich an ihren Flugplan gebunden, sie können jedoch bspw. bei einer geringen Nachfrage einen kleineren Flugzeugtypen einsetzen, der zu weniger Emissionen führt und weniger Kosten verursacht. Grundsätzlich erfordert das breit aufgestellte Portfolio jedoch einen erhöhten Planungsaufwand. Es eröffnet der Airline aber auch die Chance, Angebot und Nachfrage aufgrund der vielfältigen Flottenstruktur aufeinander abzustimmen und je nach Flugstrecke und Kapazitätsauslastung, das am besten geeignete Flugzeug zu verwenden. So können NC ihre an den Hubs angesammelten Passagiere mit Großraumflugzeugen auf eine effiziente Art und Weise zu ihrem Zielort befördern. Dies ist möglich, da neuere Flugzeugmodelle wie beispielsweise der A380-800 oder die Boeing B777 eine immer größer werdende Kapazität für Passagiere aufweisen, wodurch erreicht wird, mit nur einem einzigen Flug eine enorm große Anzahl an Fluggästen befördern zu können. Diese Behauptung trifft jedoch überwiegend auf Langstreckenflüge zu, da nur diese mit derartig großen Flugzeugtypen durchgeführt werden. Denn der Einsatz dieser Flugzeuge ist lediglich bei einer hohen Nachfrage und daraus resultierender hoher Kapazitätsauslastung effizient. Auf Kurzstrecken, wie bspw. Frankfurt- London, die häufig von Geschäftsreisenden genutzt werden, verteilt sich die Nachfrage über den Tag, wodurch eine Bündelung der Passagiere nicht im Kundeninteresse ist. An dieser Stelle wird auf einige Ausnahmen, vor allem im asiatischen Raum, verwiesen, bei denen auch Kurzstreckenflüge mit einem Langstreckenflugzeug durchgeführt werden. Ein Durchführen von kürzeren Flügen mit derartigen Flugzeugen stellt nur dann eine wirtschaftliche Lösung dar, wenn eine kostendeckende und gewinnbringende Nachfrage vorherrscht, d.h. ein dementsprechend hohes Passagieraufkommen vorhanden ist. Diesbezüglich ist auch auf daraus resultierende höhere einzukalkulierende Wartungs- und Instandhaltungskosten zu verweisen, da die Wartungsintervalle von der Anzahl der erworbenen Flight Cycles (FC) und Flight Hours (FH) eines Flugzeugs abhängen. Durch eine wie oben beschriebene Flugoption würde die Anzahl der FC somit stark in die Höhe getrieben werden. Ein FC umfasst die Gesamtheit eines Fluges inklusive des Starts und der Landung. Wenn von einer durchschnittlichen Flugdauer von neun Stunden für einen Langstreckenflug, von beispielsweise Frankfurt am Main nach New York, ausgegangen wird, erwirbt ein auf dieser Strecke konventionell eingesetztes Flugzeug, wenn es sowohl den Hin- als auch den Rückflug durchführt, täglich zwei FCs. Wenn besagtes Flugzeug nun auf einer Strecke von Orlando nach Atlanta mit einer durchschnittlichen Flugzeit von einer Stunde und 30 Minuten eingesetzt wird und täglich circa acht Flüge durchführt, würde es täglich acht FCs erwerben, was im eben beschriebenen Beispiel dem Vierfachen seiner üblichen Auslegung entsprechen würde. Somit würde der Grenzwert, der für eine notwendige Wartung ausschlaggebend ist, vier Mal früher erreicht werden. Dahingegen würde die Anzahl der Flight Hours, welche die Zeit beschreiben, in welcher sich ein Flugzeug in der Luft befindet, für ein Langstreckenflugzeug bei einem Einsatz für Kurzstreckenflüge verhältnismäßig gering ausfallen. Um auf obiges Beispiel Bezug zu nehmen, würde das Flugzeug bei einem konventionellen Langstreckeneinsatz täglich 18 FHs erwerben und bei einem Kurzstreckeneinsatz lediglich 12 FHs.

Von NC genutzte Maßnahmen wie Online-Check-In (bereits ab einem Tag vor dem stattfindenden Flug möglich), Self-Check-In oder dem Boarding nach Gruppen können Ineffizienzen in Form von langen Wartezeiten verringern und Personalkosten reduzieren.

Als Beispiel für einen typischen NC kann die Lufthansa Passage Group angebracht werden. *„Ziel der Lufthansa Group ist es, bei Kunden, Mitarbeitern, Aktionären und Partnern erste Wahl im Bereich Luftfahrt zu sein.“* ([26]: S.12)

4.1.2 Low-Cost-Carrier

Die Zielgruppe der Low-Cost-Carrier besteht überwiegend aus Privatreisenden und zum Teil aus Geschäftsreisenden (vgl. [16]: S.239). LCC bieten im Vergleich zur Konkurrenz einen

preisgünstigen Linienverkehr auf stark nachgefragten Kurz- und Mittelstrecken an und bedienen diese mit sogenannten Punkt-zu-Punkt- (PTP) bzw. Point-to-Point-Verbindungen (vgl. [16]: S.237). Bei PTP-Verbindungen wird ein Flug von einem Ursprungsort zu einem Zielort ohne notwendiges Umsteigen oder vorgesehene Anschlussflüge durchgeführt. Dadurch ist das Konzept weniger anfällig für Ineffizienzen, die sich in diesem Fall auf das Verpassen von Anschlussflügen beziehen. Zusätzlich erfordert ein solches System weniger Flugplanungsaufwand, da keine Abstimmung auf mögliche Weiterflüge erfolgen muss, wodurch sich das gesamte Konzept weniger komplex, störanfällig und kostengünstiger gestaltet.

LCC können ihren günstigen Ticketpreis u.a. durch die Verwendung von Sekundärflughäfen (Bsp.: London-Stansted, Frankfurt-Hahn) erreichen. Zum einen müssen an diesen Flughäfen weniger Gebühren seitens der Airlines entrichtet werden, zum anderen werden Start- und Landeerlaubnisse schneller erteilt, da diese Flughäfen aufgrund geringerer Nutzung hohe freie Kapazitäten aufweisen. (vgl. [16]: S.241) Dadurch kann eine schnellere Flugzeug- und Passagierabfertigung realisiert, sowie die Stand- und Umschlagzeiten der Flugzeuge verkürzt werden. Negativ sind jedoch die langen An- und Abfahrtswege zum/ vom Flughafen, wodurch eine zusätzliche Umweltbelastung durch andere Verkehrsmittel entsteht.

LCC arbeiten ausschließlich mit einer Einklassenkonfiguration und einer möglichst hohen Bestuhlungsdichte (vgl. [16]: S.239). Aus diesem Grund und wegen der günstigen Ticketpreise benötigen Billigfluggesellschaften pro durchgeführten Flug generell ein hohes Passagieraufkommen, um gewinnbringend zu agieren. Da dieses auf ihren angebotenen Strecken vorherrscht, erzielen sie einen sehr hohen SLF und reduzieren somit ihre Stückkosten. In einigen Ausnahmefällen bieten LCC auch Langstreckenflüge an, wie bspw. Norwegian oder WOW Air. Jedoch finden diese Flüge nur an ausgewählten Wochentagen und somit nicht täglich statt, sodass das zur Kostendeckung notwendige Passagieraufkommen durch eine Bündelung zustande kommt. Die starke Kapazitätsauslastung der Flüge kommt auch der Umwelt zu Gute.

Eine Besonderheit der LCC ist die Beschränkung auf meist nur ein einziges Flugzeugmodell. Durch das Betreiben einer homogenen Flotte verringert sich für die Airline der Trainings- und Schulungsbedarf des Personals und es entstehen weniger Instandhaltungs- und Wartungskosten. (vgl. [16]: S.238) Durch ein Wartungsprogramm, das auf den verwendeten Flugzeugtypen ausgelegt ist, können Reparaturen schneller durchgeführt werden und die Ausfallzeiten der Flugzeuge verkürzt werden. Außerdem können die Maschinen bei einem möglichen Ausfall flexibel untereinander ausgetauscht werden. Zusätzlich legen LCC Wert auf ein geringes durchschnittliches Flottenalter (vgl. [16]: S.238). Auch dieses trägt zu weniger Wartungs- und Instandhaltungsaufwand bei und durch die Verwendung neuer Flugzeuge wird ein geringerer Kraftstoffverbrauch und Schadstoffausstoß verzeichnet, was zu weiteren Kosteneinsparungen und einer Umweltschonung führt (vgl. Abb. 4.9).

Durch den Verzicht auf Zusatzleistungen und die Beschränkung auf die reine Beförderungsleistung, können LCC ihre günstigen Ticketpreise realisieren. In diesem Sinne verzichten sie auf einen On Board Service, weshalb die Notwendigkeit der Bord Küche entfällt und somit Raum für zusätzliche Sitzplätze geschaffen wird. Außerdem befördern LCC Gepäck häufig nur gegen Aufpreis. Dadurch kann entsprechendes Personal eingespart werden. Des Weiteren verkürzen sich die Umschlagzeiten, da keine On-Bord-Service-Produkte und weniger Gepäckstücke verladen werden müssen. Die Fixierung der LCC auf die Kernleistung, schließt das Angebot von Kundenbindungsprogrammen und Lounges aus, da diese zu Mehrkosten bei der Airline führen würden. Auch die Möglichkeit einer kostenfreien Sitzplatzreservierung besteht in den meisten Fällen nicht. Der Vertrieb erfolgt fast ausschließlich über das Internet, wodurch wiederum Personalkosten gespart werden.

Als Beispiel für einen LCC kann Ryanair betrachtet werden. Diese Billigfluggesellschaft verwendet lediglich die Boeing 737- 800 als Flugzeugmuster, welches über eine Sitzplatzkapazität für 189 Passagiere verfügt (vgl. [16]: S.238; vgl. [9]: o.S.).

4.1.3 Leisure-Carrier

Leisure-Carrier haben sich auf die Zielgruppe der Privatreisenden spezialisiert und ermöglichen es ihnen, im niedrigen Preissegment zu verreisen. LC sind in der Sparte des Touristik- und Ferienflugverkehrs angesiedelt, weshalb ihr Flugangebot saisonale Schwankungen aufweist und auf stark nachgefragte kontinentale und teils interkontinentale Feriendestinationen beschränkt ist. Sie bedienen ihre angebotenen Flugstrecken mit Gelegenheitsverkehr, der durch PTP-Verbindungen verwirklicht wird. (vgl. [16]: S.248f) Die Verwendung von PTP-Verbindungen verringert Ineffizienzen, wie bereits im Kapitel 4.1.2 erläutert. Zudem erhöht sich für die Passagiere der Komfort, da LC auch Langstreckenflüge als Direktflüge durchführen. Für viele Fluggäste, die zu Urlaubszwecken verreisen, ist der Flugpreis und ob es sich um einen Direktflug handelt ein Entscheidungskriterium.

Dazu soll ein kurzer Vergleich der Ticketpreise der zwei Anbieter Lufthansa (=NC) und Condor (=LC) angestellt werden. Verglichen wird dabei die identische Strecke von FRA nach FLL (USA, Florida) im identischen Reisezeitraum (Mitte August). Im Preis inbegriffen sind sowohl der Hin- als auch der Rückflug.

Fluggesellschaft	Preis Flugticket [Euro]	Beförderungsklasse
Lufthansa (NC)	819,-	Economy
	1.350,-	Business
Condor (LC)	479,-	Economy
	750,-	Business

Tabelle 4.2: Kostenvergleich eines Flugtickets unterschiedlicher Anbieter von Frankfurt am Main nach Fort Lauderdale⁶

LC bieten ihre Flüge je nach Zielort in täglichen oder lediglich wöchentlichen Taktungen an, sodass eine Ansammlung von Passagieren bzw. eine gebündelte Nachfrage generiert wird, was für die Airlines eine gute Kapazitätsauslastung mit sich bringt und für das Ökosystem unnötige Flüge vermeidet.

Zudem steht es den LC frei, bei einer ungenügenden Nachfrage Flüge zusammenzulegen, ausfallen zu lassen oder Zwischenstopps zu integrieren, um weitere Passagiere aufzunehmen (vgl. [16]: S.248f). Das Agieren der LC mit einem heterogenen Flottenmix ermöglicht es zudem, Flugzeugmodelle der Nachfrage entsprechend einzusetzen. Dadurch Vermeiden sie unrentable Flüge und schonen die Umwelt.

LC bedienen hauptsächlich Sekundärflughäfen und gelegentlich Primärflughäfen. Hieraus ergeben sich die gleichen Vorteile wie bereits im Kap. 4.1.2 herausgearbeitet. Primärflughäfen nutzen sie nur in Nebenzeiten, da diese dann über freie Kapazitäten verfügen und wie bei Sekundärflughäfen eine schnelle Flugzeug- und Passagierabfertigung möglich ist. (vgl. [16]: S. 249) Aus Abbildung 4.1 lassen sich die Nebenzeiten ablesen. Es ist zu sehen, dass die Nachfrage am frühen Morgen (zwischen 06:00 und 07:00 Uhr) und späten Abend (zwischen 21:00 und 23:00 Uhr) sehr gering ist.

⁶ Preise bei Buchung auf der Homepage der jeweiligen Airline (www.Lufthansa.com und www.Condor.com) drei Monate vor Reiseantritt.

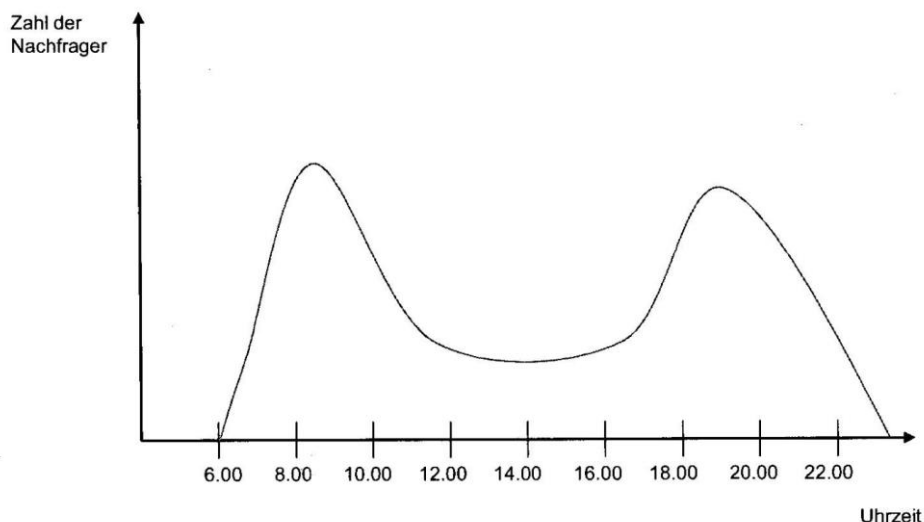


Abbildung 4.1: Tageszeitliche Schwankung des Nachfrage-Verhaltens ([16]: S.123)

Im Kontinentalbereich arbeiten LC mit lediglich einer Beförderungsklasse, im Interkontinentalbereich bieten sie zwei Beförderungsklassen an. Der On-Bord-Service, den LC anbieten, ist auf die Beförderungsklassen zugeschnitten. Hier entsteht ähnlicher Mehraufwand für die Airlines, wie schon im Kap. 4.1.1 erläutert.

Als Beispiel für einen LC wird die Fluggesellschaft Condor angeführt. Condor wirbt u.a. mit verhältnismäßig günstigen Langstreckenflügen und spricht damit auch an Fernreisen interessierte Kunden mit geringerem Budget an.

4.1.4 Regional-Carrier

Die Zielgruppe der Regional-Carrier besteht überwiegend aus Geschäftsreisenden. Die RC beschränken sich auf inländische und teils kontinentale Flüge im gehobenen Preissegment, die sie mit Hilfe von PTP-Verkehr realisieren. Dabei bieten sie u.a. Flüge zwischen zwei Orten mit geringem Passagier- und Flugaufkommen aufgrund geringer Nachfrage an und nutzen mittelgroße bis kleine Flughäfen. Die RC unterhalten eine heterogene Flotte, die aus kleineren Flugzeugmodellen besteht. (vgl. [16]: S.232f) Daher können sie diese Strecken wirtschaftlich bedienen, da die kleinen Maschinen einen entsprechend geringen Kraftstoffverbrauch und Emissionsausstoß verzeichnen. Die Nutzung dieser Flugzeugmodelle führt zu einer schnelleren Flugzeugabfertigung, da sämtliche Prozesse in kleineren Dimensionen auszuführen sind. Außerdem wird ein Teil, der für die Airline anfallenden Kosten, auf die Passagiere umgelegt, woraus die Ticketpreise im gehobenen Preisniveau resultieren. Die durch die Beförderung von nur wenigen Passagieren, ineffiziente und die Umwelt belastende Methode, wird durch die hohe Preispositionierung abgegolten und trägt so ihren Teil zum Gesamtwertschöpfungsprozess bei. Die Nutzung kleiner und mittelgroßer Flughäfen bringt die bereits in Kap. 4.1.2 genannten Vorteile mit sich.

RC bedienen außerdem den Sektor der Zu- und Abbringerflüge von und zu zentralen Drehkreuzen und versorgen somit die NC mit Passagieren. An diesen Primärflughäfen müssen sie jedoch hohe Start- und Landegebühren entrichten.

Da die wesentliche Kundenklientel Geschäftsreisende sind, bieten die Regionalflygesellschaften einen auf diese zugeschnittenen On Board Service an, d.h. ein qualitativ hochwertiges Catering muss verladen werden. Um ein erhöhtes Servicelevel leisten zu können, ist entsprechendes Personal notwendig. Dafür entstehende Kosten sind im Ticketpreis integriert.

4.2 Hub-and-Spoke-System vs. Point-to-Point-Verbindung

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit den Unterschieden zwischen sogenannten Hub-and-Spoke-Systemen (HSS) und Point-to-Point-Verbindungen. Zudem wird herausgearbeitet, welche Vor- und Nachteile die jeweiligen Systeme mit sich bringen und wie sie zu einer besseren Wertschöpfung im Luftverkehr beitragen.

4.2.1 Hub-and-Spoke-System

Grundsätzlich kann das HSS auch als Nabe-Speiche-System bezeichnet werden und stellt eine Art Umsteigesystem dar. Unter einem Hub ist im Allgemeinen ein zentrales Drehkreuz, über das der Luftverkehr bestimmter Fluggesellschaften geleitet wird, zu verstehen, wodurch eine Ansammlung von Passagieren am Hub hervorgerufen wird. Von diesem Drehkreuz aus können die gebündelten Passagiere, die mit Zubringerflügen zum Drehkreuz gelangt sind, dann in für sie vorgesehene Anschlussflüge umsteigen und weiter zu ihrem Ziel befördert werden. Die Rückreise würde analog mit Abbringerflügen erfolgen. (vgl. [57]: S.373) Durch die große Passagieransammlung kann erreicht werden, dass die Anschlussflüge höher nachgefragt und besser ausgelastet sind, wodurch die Airline größere Flugzeugmodelle einsetzen kann und somit eine Reduzierung der Stückkosten verzeichnen kann. Diese besagten Anschlussflüge stellen im HSS die Spokes, d.h. die „Speichen“ dar (vgl. [57]: S.373).

Dieses Nabe-Speiche-System wird anhand von Abbildung 4.2 veranschaulicht. Es ist deutlich die speichenartige Anordnung der im Streckennetz enthaltenen Destinationen um die Hubs München und Frankfurt am Main erkennbar.

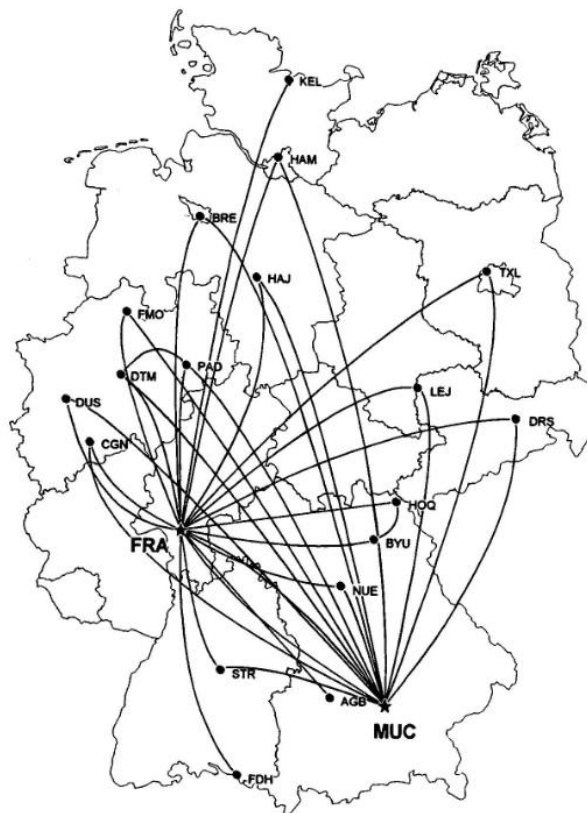


Abbildung 4.2: Nabe-Speiche-System ([57]: S.375)

Bezogen auf Abbildung 4.2. würden anschließend die an den Hubs München und Frankfurt am Main gesammelten Passagiere auf Kontinental- bzw. Interkontinentalflüge verteilt werden.

In Abbildung 4.3. wird die Sammlung von Passagieren am Hub Frankfurt am Main dargestellt. Im Beispiel sind die Zubringerflüge interkontinental, kontinental und inländisch, die Weiterverteilung erfolgt hier auf einen Kontinentalflug nach Helsinki.

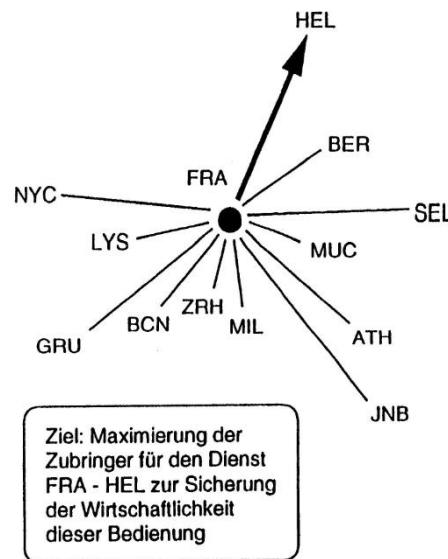


Abbildung 4.3: Bündelung von Verkehrsströmen ([57]: S.395)

Weil für viele der über den Hub geleiteten Flüge ein Anschlussflug vorgesehen ist, erfordert dieses Konzept einen hohen Planungsaufwand, da man jedem Passagier eine kurze Umsteigezeit ermöglichen und die Gesamtreisezeit gering halten möchte. Jedoch ist dieses System aufgrund der Vernetzung zu globalen Flughäfen auch anfällig für auftretende Ineffizienzen. So wirken sich eventuell auftretende Verspätungen auch auf die Folgeflüge aus. Generell profitieren Airlines, die ein HSS nutzen, durch das gleichzeitige Bedienen von zwei Zielgruppen. Mit nur einem Flug findet so zum einen eine Beförderung von Passagieren statt, deren Reise nach dem Transport zum Hub abgeschlossen ist (Direktflug) und zum anderen werden Passagiere, die in einen Anschlussflug umsteigen, im gleichen Flugzeug befördert. Durch diese Kombination und die dadurch höhere Anzahl an beförderten Passagieren können NC ihre Flüge zu den Drehkreuzen (Hubs) in einer erhöhten Frequentierung durchführen und dem Kunden somit ein größeres Angebot offerieren.

Das häufigere Anfliegen der Hubs verschafft den Airlines Vorteile bei der Vergabe von Slots, welche den Zeitraum bezeichnen, in welchem eine Airline bspw. Start- und Landerechte an einem bestimmten Flughafen hat (vgl. [57]: S.307). Besonders an Flughäfen mit Kapazitätsengpässen zu Hauptverkehrszeiten, wie bspw. Frankfurt am Main oder München, stellt das Prinzip der Slotvergabe einen wesentlichen Bestandteil der Flugplanung dar. Eine Airline, die einen bestimmten Slot bereits in der vergangenen Flugplanperiode zu mindestens 80 Prozent genutzt hat, wird bei der erneuten Slotvergabe in der nächsten Flugplanperiode den besagten Slot auf Wunsch wieder zugeschrieben bekommen (vgl. [65]: S.8). Das soeben erklärte Prinzip wird auch als „Großvaterrecht“ ([16]: S.171) bezeichnet und ist in der Verordnung (EWG) Nr. 95/ 93 geregelt. Durch Umleiten über einen Hub entsteht für den Passagier zwar eine insgesamt längere Reisezeit, jedoch wird dem Passagier auch ein sehr vielfältiges und hoch frequentiertes Flugangebot zu einer größeren Anzahl an Destinationen im Vergleich zum Punkt-zu-Punkt-Verkehr geboten.

Es soll nun anhand eines Beispiels darauf eingegangen werden, wie sich die Anzahl der Flüge berechnen lässt, die zur Verbindung einer bestimmten Anzahl an Flughäfen bei Verwendung eines Hub-and-Spoke-Systems erforderlich ist. Die Anzahl der notwendigen Flüge berechnet

sich mit folgender Formel und umfasst bei einer Anzahl von elf Flughäfen, von denen einer ein Hub ist, 20 Flüge, um die elf Flughäfen miteinander zu verbinden.

$$F = 2 \times (n - 1) \text{ ([16]: S.201)}$$

$$F = 2 \times (11 - 1) = 20 \text{ Flüge}$$

Die Anzahl der realisierbaren Verbindungen berechnet sich wie folgt und es ergeben sich letztlich 110 mögliche Verbindungen.

$$V = n \times (n - 1) \text{ ([16]: S.201)}$$

$$V = 11 \times (11 - 1) = 110 \text{ Verbindungen}$$

HUB-AND-SPOKE	Anzahl	Variable
Anzahl der Flughäfen	11	n
Anzahl der Flüge	20	F
Anzahl der möglichen Verbindungen	110	V

Tabelle 4.3: Berechnung der erforderlichen Flüge unter Verwendung eines Hub-and-Spoke-Systems

Vergleichsweise soll nun die Berechnung der gleichen Daten (Flüge, Verbindungen) bei einer Verwendung eines Point-to-Point-Systems bei identischer Flughafenanzahl erfolgen. Mit der Ausnahme, dass bei Point-to-Point-Verbindungen kein Hub existent ist.

$$F = n \times (n - 1) \text{ ([16]: S.201)}$$

$$F = 11 \times (11 - 1) = 110 \text{ Flüge}$$

$$V = n \times (n - 1) = 11 \times (11 - 1) = 110 \text{ Verbindungen}$$

POINT-TO-POINT	Anzahl	Variable
Anzahl der Flughäfen	11	n
Anzahl der Flüge	110	F
Anzahl der möglichen Verbindungen	110	V

Tabelle 4.4: Berechnung der erforderlichen Flüge unter Verwendung eines Point-to-Point-Systems

Es würde sich hier eine Anzahl von 110 erforderlichen Flügen und Verbindungen ergeben, um die elf Flughäfen miteinander zu verbinden.

Anhand des Beispiels wird ersichtlich, dass ein HSS deutlich mehr Verbindungen bei weniger erforderlichen Flügen realisieren kann, was einen entscheidenden Vorteil darstellt.

Es gibt verschiedene Modelle von Hub-and-Spoke-Systemen. Darunter fallen u.a. der Hourglass-, Hinterland-, Primär-, Double-, Sekundär- und Mega-Hub (vgl. [57]: S.387ff).

Es soll an dieser Stelle exemplarisch auf den Hinterland-Hub eingegangen werden, da diese Form in Europa die stärkste Präsenz aufweist. Bei einem Hinterland-Hub werden die Passagiere von Kurzstreckenflügen am Hub gesammelt und auf Langstreckenflüge umverteilt (vgl. [16]: S.204). Das Grundprinzip eines Hinterland-Hubs wird in der folgenden Abbildung 4.4 veranschaulicht.

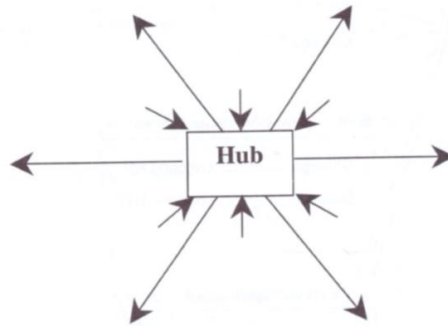


Abbildung 4.4: Grundprinzip eines Hinterland-Hubs ([57]: S.389)

In Bezug auf eine optimale Wertschöpfung muss eine Betrachtung des gesamten Streckennetzes und nicht nur der einzelnen Verbindungen stattfinden. Ziel ist es nämlich, unter Berücksichtigung eines rentablen Ertrags für die Airline, möglichst viele Passagiere von ihrem Ausgangsort innerhalb einer möglichst geringen Gesamtreisezeit zu ihrem Ziel zu befördern. Ob diese Beförderung über einen Direktflug oder eine Umsteigeverbindung am Hub vollzogen wird, muss am Passagieraufkommen ausgemacht werden. Nachfolgend erfolgt eine Auflistung der Vorteile (+) und Nachteile (-) eines Hub-and-Spoke-Systems. Positive Auswirkungen der Vorteile sind mit einem Häkchen gekennzeichnet.

Bündelung und Umverteilung von Passagieren auf Anschlussflüge/ Umsteigeverbindungen an Hubs	
<ul style="list-style-type: none"> + Hohe Auslastung der Anschlussflüge durch große am Hub eintreffende Passagierströme ✓ Dadurch hohe Sitzladefaktoren ✓ Dadurch Reduzierung des CO₂-Ausstoßes pro PAX ✓ Dadurch Umweltschonung pro PAX betrachtet ✓ Einsatz größerer Flugzeuge ist möglich, wodurch mehr Passagiere mit nur einem Flug befördert werden ✓ Stückkostenreduzierung + Hohe Flugfrequentierung durch hohes Passagieraufkommen möglich ✓ mehr Flexibilität für die Passagiere + Realisierung der „Economies of Scale-Effekte“ ([16]: S.402) 	<ul style="list-style-type: none"> - Erhöhte Gesamtreisezeit für die Passagiere - Auftreten von Kapazitätsengpässen, da zu viele Maschinen/ Passagiere zur gleichen Zeit am Hub eintreffen und ihre Reise schnellstmöglich fortsetzen wollen - Hohe Auslastung der Flugsicherung - Hohe Auslastung bei Gepäckverladung in Anschlussflüge - Hohe Anfälligkeit für Ineffizienzen - Zusätzliche Kosten für Starts und Landungen von Zu- und Abbringerflügen
Privilegien bei der Slotvergabe für am Hub ansässige Airlines	
<ul style="list-style-type: none"> + Ansässige Airlines verfügen über mehr Slots, wodurch sie vermehrt Start- und Landerechte haben ✓ Dadurch weniger Warten auf dem Rollfeld oder Fliegen von Holdings ✓ Dadurch weniger Kraftstoffverbrauch und Schadstoffemissionen 	
Große Vielfalt an möglichen Verbindungen im Vergleich zu Direktflügen	
<ul style="list-style-type: none"> + Bei geringerer Anzahl an nötigen Flugbewegungen im Vergleich zu Direktflügen 	<ul style="list-style-type: none"> - Hoher Planungs- und Kostenaufwand aufgrund der Komplexität des Gesamtsystems - Zusätzliche Kosten für Starts und Landungen von Zu- und Abbringerflügen

Tabelle 4.5: Beitrag zur Wertschöpfung im Luftverkehr durch ein Hub-and-Spoke-System

Durch Abbildung 4.5 sollen die „Economies of Scale-Effekte“ ([16]: S.402) bei Airlines veranschaulicht werden. Diese definieren sich wie folgt:

„Kostensparnisse, die bei gegebener Produktionsfunktion (Produktionstechnik) infolge konstanter Fixkosten auftreten, wenn die Ausbringungsmenge wächst, da bei wachsender Betriebsgröße die durchschnittlichen totalen Kosten (DTK) bis zur sog. mindestoptimalen technischen Betriebs- bzw. Unternehmensgröße (MOS) sinken (der Anteil der fixen Kosten je produzierter Einheit wird immer kleiner).“ ([5]: S.771)

Es ist zu erkennen, dass die Stückkosten bei zunehmender Flugstreckenlänge und Flugzeuggröße durch streckenlängen- und flugzeuggrößenunabhängige Kosten (Fixkosten), vermindert werden. Streckenlängenunabhängige Kosten sind bspw. Start- und Landeentgelte und flugzeuggrößenunabhängige Kosten sind bspw. Crewkosten. Die variablen Kosten, wie bspw. Kerosinkosten, erhöhen sich lediglich unterproportional und nicht proportional im Verhältnis zur Größe des Flugzeugs (Anzahl der Sitzplätze im Flugzeug). (vgl. [16]: S.402) Daraus ist abzuleiten, dass Carrier, die Langstreckenflüge mit großen Flugzeugen anbieten, Kostenvorteile gegenüber anderen Carriern, die in anderen Geschäftssegmenten agieren, haben.

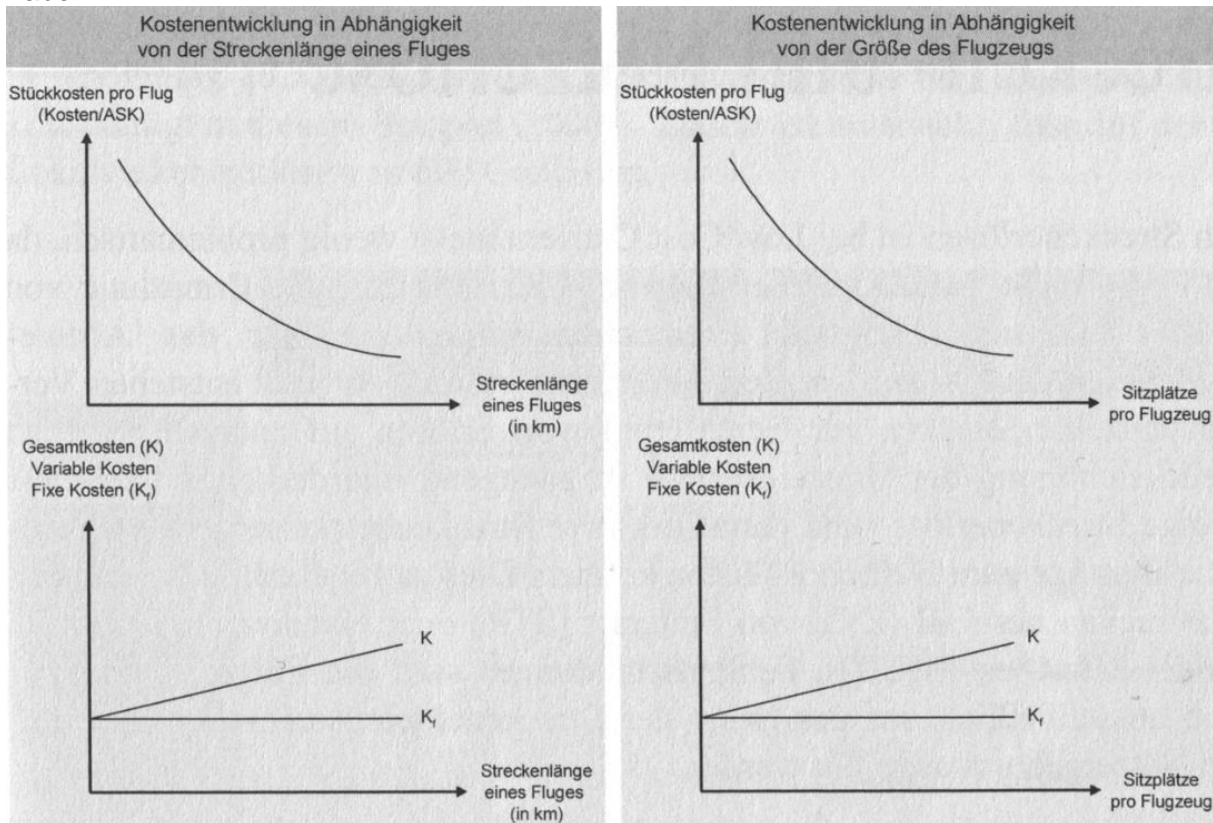


Abbildung 4.5: Economies of Scale-Effekte bei Airlines ([16]: S.403)

Das HSS wird von den bereits beschriebenen NC betrieben, wofür die Lufthansa Passage Group und der Frankfurter Flughafen als deren Primärhub als Paradebeispiel dienen, weshalb darauf im folgenden Kapitel näher eingegangen wird.

4.2.2: Lufthansa Group – Primärhub, Sekundärhub und Integrated Operations Control Center

Die Lufthansa Group nutzt den Flughafen Frankfurt am Main als ihren Primärhub. Da an diesem zu Hauptverkehrszeiten Kapazitätsengpässe vorherrschen, nutzt die LH Group den Flughafen München, sowie den Flughafen Zürich (aufgrund des Zusammenschlusses mit SWISS) als ihre Sekundärhubs. Um Ineffizienzen, die aus der hohen Kapazitätsauslastung

resultieren, entgegenzuwirken oder zu vermeiden, hat die Deutsche Lufthansa AG das Integrated Operations Control Center (IOCC) eröffnet (vgl. [8]: o.S.). Mit Ineffizienzen werden generelle Unregelmäßigkeiten, wie schlechtes Wetter oder verspätet eintreffende Flüge und deren weitere Auswirkungen, bezeichnet. Da sich diese Unregelmäßigkeiten auf die geplanten Anschlussflüge auswirken können, kann die weitere Durchführung des komplexen Flugplanungsablaufes erheblich gefährdet werden. Daher beschäftigt sich das IOCC mit Prozessen, die am Boden stattfinden oder anderen flugrelevanten Prozessen, die in der folgenden Tabelle aufgelistet sind. Diese Prozesse sollen zur Reduzierung und Beseitigung von Ineffizienzen beitragen, wobei die Sicherheit stets im Vordergrund steht und die Kosten zugleich so gering wie möglich gehalten werden sollen (vgl. [8]: o.S.).

Prozesse	Aufgabenbereiche
Bodenprozesse	<ul style="list-style-type: none"> • Beschleunigung der Flugzeugreinigung, der Gepäckabfertigung und des Caterings → Einsatz von mehr Personal erforderlich • Finden der optimalen Parkposition → um Zeitersparnis zu erzielen • Bereitstellung von Crew-Bussen • Allgemeine Reduzierung der Bodenzeiten
Flugrelevante Prozesse	<ul style="list-style-type: none"> • Umfliegen von Schlechtwettergebieten • Beachtung des Nachtflugverbotes • Kraftstoffüberwachung • Hotelverfügbarkeiten für Passagiere prüfen, falls Flug nicht durchgeführt werden kann

Tabelle 4.6: Prozesse und Aufgabenbereiche des Integrated Operations Control Centers (vgl. [8]: o.S.)

4.2.3 Point-to-Point-System

Nachdem nun ausführlich auf das Hub-and-Spoke-System und ergänzend auf das IOCC der Lufthansa Group eingegangen wurde, wird nun das bereits erwähnte Point-to-Point-System näher beschrieben.

Bei einem Point-to-Point-System werden Strecken mit Direktflügen bedient. Zum einen werden Strecken mit einem hohen Passagieraufkommen angeboten. Zum anderen werden auch Flüge für nicht stark nachgefragte Routen, jedoch für sehr zahlungswillige Kunden, offeriert. (vgl. [16]: S.200) Das Schema eines PTP-Systems wird in den Abbildungen 4.6 und 4.7 dargestellt. Durch Direktflüge profitiert der Passagier von einer insgesamt kurzen Reisezeit, da Zeit für erforderliche Umsteigevorgänge entfällt. Jedoch ist das Streckenangebot nicht so vielfältig und hoch frequentiert wie bei der Verwendung eines HSS. Denn die erforderliche Nachfrage, d.h. das Vorhandensein von genügend Abnehmern für einen angebotenen Flug, ist nur zu ausgewählten Zielen, zu bestimmten Zeiten und in gewissen Zeitabständen gewährleistet. Dieses PTP-System wird überwiegend von LCC, LC und anteilig von RC verwendet. Auch die Lufthansa Group bedient sich über ihre Tochtergesellschaft, Eurowings, an diesem Konzept und kann so auch im Wettbewerb der PTP-Verbindungen mitwirken. Inwiefern das PTP-System zu einer Wertschöpfung im Luftverkehr beiträgt, ist den Kapiteln 4.1.2 und 4.1.3 zu entnehmen.

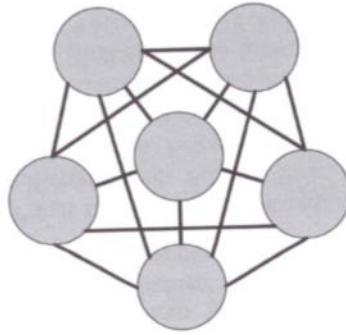


Abbildung 4.6: Schema des Point-to-Point-Verkehrs ([16]: S.201)

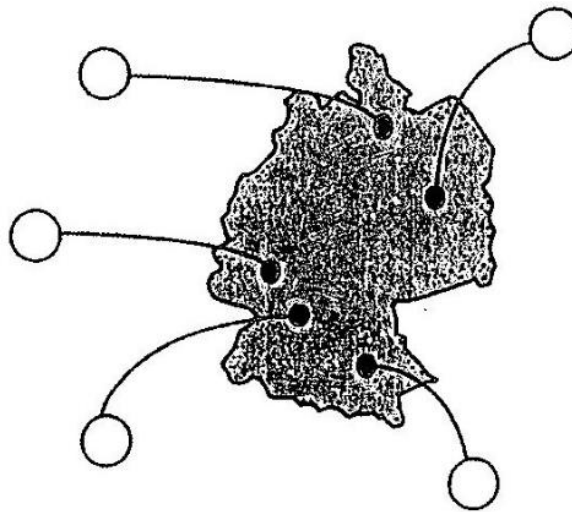


Abbildung 4.7: Beispiel eines Point-to-Point-Systems ([57]: S.374)

4.3 Abschließende Schlussfolgerung der Analyse der Airline-Strategien

Nach ausführlicher Betrachtung der vier am Weltmarkt vorherrschenden Airline-Strategien, soll nun eine Aussage darüber getroffen werden, inwieweit die Airlines durch eine Anpassung ihrer Airline-Strategie zu einer Optimierung des Luftverkehrssystems beitragen können.

4.3.1 Netzwerk-Carrier

Die für NC typischen traditionellen, bürokratischen und dadurch sehr kostenintensiven Unternehmensstrukturen und Prozesse, gilt es dringend zu überarbeiten und zu modernisieren. So sollten interne Abteilungen rationalisiert werden, indem Personal auf den Bedarf angepasst wird und Prozessverschlinkungen stattfinden, da langwierige Prozesse hohe Kosten verursachen.

NC offerieren ein breites nach Beförderungsklassen differenziertes Produkt- und Serviceangebot. Dies führt zu hohen Differenzierungskosten. (vgl. [16]: S.230) Wie bereits jetzt müssen NC diese Kosten auch künftig konsequent im Auge behalten und die erhöhten Kosten, die durch Premium-Class-Passagiere verursacht werden, auf deren Ticketpreise umlegen. Da Passagiere, die Premium-Class-Flüge buchen, zum einen die notwendige Liquidität aufweisen, zum anderen aber sehr viel Wert auf gehobene Dienstleistungen legen, sollten NC ihre Preispolitik durch entsprechende Marketing-Maßnahmen stärker unterstützen. Diese Maßnahmen verursachen dem Unternehmen zwar wiederum Kosten, verbessern jedoch die Kundenbindung, was dem Unternehmen erneut treue Stammkunden einbringt. Viele NC nutzen Vielfliegerprogramme und damit verbundene Meilensammel- und Kreditkarten. Diese

Karten dienen ebenfalls der Kundenbindung, da es ausschließlich für Flüge mit dem entsprechenden NC bzw. Allianzpartner bzw. für mit der Kreditkarte getätigte Umsätze Sammelmilets gibt, die dann wiederum für Prämien oder für neue Flüge eingesetzt werden können. Die Kreditkarten sind jedoch, wie bspw. bei Lufthansa, mit einem Jahreskartenpreis belegt. Einmalige Kartengebühren führen bei vielen Kunden jedoch dazu, dass sie sich gegen die Karte entscheiden, obwohl die kumulierten Zusatzleistungen den Jahrespreis an Wert übersteigen. Eine Idee wäre daher, die Karten grundsätzlich kostenfrei auszugeben. Auf diese Art und Weise könnten viel mehr Kunden ans Unternehmen gebunden werden.

Als Linienluftverkehrsgesellschaften sind NC verkehrsrechtlich an ihren Flugplan gebunden, sie dürfen keine Flüge zusammenlegen oder ausfallen lassen. Das hat zur Folge, dass Flüge auch unterhalb einer gewinnbringenden Kapazitätsauslastung durchgeführt werden müssen. Einzig in der Auswahl des Flugzeuges besteht für den NC die Möglichkeit, auf die Höhe der Nachfrage zu reagieren. Daher gilt es für das künftige Erstellen der Flugpläne, Zeiten mit hohem und niedrigem Passagieraufkommen noch besser zu berücksichtigen und die Taktungen dementsprechend zu optimieren.

Mit der Nutzung des Hub-and-Spoke-Systems entsteht für NC ein erhöhter Kosten- und Planungsaufwand, der dadurch hervorgerufen wird, dass Zu- und Abbringerflüge und Langstreckenflüge aufeinander abgestimmt werden müssen. Um diesen Aufwand zu verringern und Kosten zu sparen, stellt es eine Möglichkeit dar, die durchzuführenden Zu- und Abbringerflüge outzusourcen, sodass diese von anderen Airlines übernommen werden und die Prozesse der NC dadurch verschlankt werden. Die Konzentration der NC auf die künftige ausschließliche Durchführung von Langstreckenflügen stellt grundsätzlich eine denkbare Option dar, denn eine gute Kapazitätsauslastung dieser Flüge ist durch die Ansammlung von Passagierströmen am Hub gegeben. Als Vorreiter hierfür kann Emirates angesehen werden, ein NC, der schon heute ausschließlich Langstreckenflüge bedient. Dies ist an den Flugzeugmodellen zu erkennen, die allesamt (mit Ausnahme eines A319) eine Reichweite von mindestens 10.000 Kilometern aufweisen und somit langstreckentauglich sind (vgl. [37]: S. 74).

Falls sich NC für eine weitere Durchführung von Zu- und Abbringerflügen entscheiden, wäre es angeraten die oben genannten Maßnahmen umzusetzen. Sollten die NC jedoch den Weg gehen, sich aus dem Zu- und Abbringergeschäftsbereich zurückzuziehen, sind die auf dieses Gebiet bezogenen oben genannten Maßnahmen hinfällig, da dann eine Spezialisierung auf das Langstreckenflugsegment erfolgt.

4.3.2 Low-Cost-Carrier

Ein wesentliches Problem der LCC besteht in den langen An- und Abfahrtswegen zum und vom Flughafen, womit ein zeitlicher Mehraufwand für die Passagiere und eine zusätzliche Umweltbelastung einhergehen. Daher sollten an dieser Stelle Maßnahmen, wie ein Ausbau der Verkehrsanbindung durch bspw. S-Bahnstrecken, unternommen werden.

Generell ist ersichtlich, dass die Airline-Strategie der LCC ein innovatives Geschäftsmodell darstellt, das sehr viele Vorteile bezogen auf dessen Aktionsraum von Kurz- und Mittelstreckenflügen mit sich bringt. Deshalb wäre angeraten, dass LCC zukünftig Marktanteile von jetzigen NC übernehmen und diese im Kurz- und Mittelstreckenbereich teilweise ablösen. Denn Passagiere erachten Speisen, Getränke und Unterhaltungsprogramme auf kürzeren Strecken überwiegend für erlässlich, weshalb dieses Konzept erhebliches Zukunftspotential hat. Die bestmögliche Variante wäre es, wenn die LCC auch die Feeder-Flüge zu den Hubs der NC durchführen würden und es somit zu einem perfekten Zusammenspiel beider Airline-Strategien käme. Sowohl NC als auch LCC hätten aus dieser Kooperation Vorteile. LCC sollten hingegen nicht auf die Langstrecke expandieren, da sich mit zunehmender Aufenthaltsdauer

im Flugzeug das Servicebedürfnis der Passagiere erhöht und Dinge wie Catering, Komfort und Entertainment an Wichtigkeit gewinnen. Dieses Feld sollten sie den NC mit ihrer jahrelangen Erfahrung überlassen. Durch eine derartige Verteilung der Streckenbedienungen, würde jeder Carrier den optimalen Bereich seiner Leistungen in das Gesamtsystem Wertschöpfung einspeisen.

4.3.3 Leisure-Carrier

LC sind im Mittelstreckenbereich einem Konkurrenzkampf mit den LCC und im Langstreckenbereich mit den NC ausgesetzt, da es Überschneidungen in der Angebotspalette gibt. So bieten sowohl LCC als auch LC Flüge zu Feriendestinationen im Kontinentalbereich und NC und LC im Interkontinentalbereich an. Um auch zukünftig Marktsegmente zu behalten bzw. auszubauen, sollten die LC daher die Vorteile ihres Geschäftsmodells gegenüber der Konkurrenz mehr vermarkten. Marketingmäßig könnten LC ihre Klientel dahingehend bewerben, dass sie auf ihre Funktion als Urlaubsflieger perfekt spezialisiert sind. Sie sollten ihr Image als „der Ferienflieger“ viel mehr Publik machen. Die Bewerbung sollte so gut sein, dass potentielle Kunden als erstes an diese Airline denken, wenn sie ihren Urlaub planen. Außerdem wäre es zu empfehlen, dass LC ihre Kundenbindungsprogramme ausweiten und intensivieren, da Menschen Jahr für Jahr in den Urlaub verreisen und dies somit ein lohnenswerter Ansatz wäre. Eine Ausweitung könnte dahingehen, dass Kooperationen zwischen Airlines, Hotels und Mietwagenfirmen ins Leben gerufen bzw. ausgebaut werden. Karteninhaber könnten bspw. bei Hotelbuchungen die doppelte Meilenzahl erhalten. Durch diese Zusammenarbeit würden Unternehmen unterschiedlicher Branchen voneinander profitieren.

Schließlich sollte der Trend zukünftig dahingehen, dass sich LC ähnlich wie die NC mehr auf Langstreckenflüge spezialisieren. Der Unterschied hier wäre jedoch das angesprochene Kundensegment und der Ticketpreis, wodurch sich beide Carrier nur partiell in die Quere kommen würden. Um zu gewährleisten, dass LC weiterhin gute Kapazitätsauslastungen aufweisen, sollten sie definitiv die tägliche bzw. wöchentliche Taktung ihrer Flüge beibehalten. Ein weiterer sehr interessanter Ansatz wären Kooperationen zwischen LC und LCC. So könnten LC davon profitieren, dass LCC ihnen Passagiere an den Sekundärflughäfen zu füttern, da sowohl LCC als auch LC diese Flughäfen überwiegend nutzen. LC könnten diese Flughäfen als eine Art Hub verwenden, von denen sie ihre Fernziele anfliegen. Letztlich würde es dann eine Kooperation zwischen LC und LCC geben, die die Sekundärflughäfen bedienen und eine Kooperation zwischen LCC und NC, die die Primärflughäfen nutzen. Dadurch wäre die Auslastung beider Flughafentypen besser verteilt und der Wertschöpfungsprozess optimiert.

4.3.4 Regional-Carrier

Aktuell fliegen die RC als ein dritter Carrier (zusätzlich zu den NC und LC) die großen Hubs an und beanspruchen Kapazitäten. Das heißt, die jetzige Situation bedarf einer Verbesserung. Zukünftig sollten RC in Ergänzung zu den LCC die Hubs mit Passagieren versorgen, wobei die RC die gehobene Kundenklientel und die LCC die Standardkunden bedienen. Im Sinne der gesamten Wertschöpfung würde es dadurch auch kaum konkurrenzbedingte Negativeffekte geben, da die von LCC und RC angesprochenen Kundengruppen stark differenziert sind. Beide Unternehmen würden gewinnbringend arbeiten, da ausreichend Nachfrage vorhanden wäre. Durch den Wegfall der Zu- und Abbringerflüge der NC, wie in Kapitel 4.3.1 bereits erwähnt, würden Kapazitäten neu verteilt werden. Grundsätzlich ergibt sich an dieser Stelle die Fragestellung bezüglich der Notwendigkeit der RC-Flüge auf verkehrsschwachen Strecken und zwischen dezentralen Orten. Eine Einschränkung dieser Flüge würde zum einen zu einer Entlastung des Luftraums und zum anderen zu einer der Umwelt beitragen.

4.3.5 Zwischenfazit

Zusammenfassend könnte die zukünftige Aufteilung der Streckenbedienung wie folgt aussehen:

NC könnten zukünftig auf das Bedienen von Zu- und Abbringerflügen verzichten und sich auf das Langstreckensegment, in dem sie bereits etabliert sind, spezialisieren. LC sollten sich ebenfalls auf Langstreckenflüge konzentrieren und eine Art Hub-and-Spoke-System aufbauen. Sie können sich dabei an den NC orientieren, jedoch auf Sekundärflughäfen beschränken. Da beide Carrier unterschiedliche Kundengruppen ansprechen, wäre dieses Konzept eine ganzheitliche Lösung. Anzuraten wäre, dass LCC ihr Geschäftsfeld dahingehend erweitern, dass sie in Zukunft sowohl die Zu- und Abbringerflüge der NC zu/ von den Hubs der Primärflughäfen als auch die Feeder-Flüge der LC zu/ von den Sekundärflughäfen bereitstellen. Da sich das Preis- und Serviceniveau der LCC eher auf niedrigem Niveau befindet, sollten für anspruchsvolle Kunden zusätzliche Zu- und Abbringerflüge seitens der RC angeboten werden. Jedoch sollten die RC künftig ihre Flüge zwischen dezentralen Orten einschränken. Die mit diesem neuen Konzept einhergehenden Vorteile für den Wertschöpfungsprozess sind in der vorangegangenen Schlussfolgerung detailliert einzusehen.

In der folgenden Tabelle 4.7 wird das vorab beschriebene Konzept bezüglich Streckenbedienung, Flughafenutzung und Kundenklientel für alle genannten Carrier veranschaulicht.

Carrier	Streckenspezialisierung	Genutzte Flughäfen	Kundenklientel
NC	Langstrecke	Primärflughäfen	Standard/ Gehoben
LC	Langstrecke	Sekundärflughäfen	Standard
LCC	Kurz- und Mittelstrecke	Primär- und Sekundärflughäfen	Standard
RC	Kurz- und Mittelstrecke	Primärflughäfen	Gehoben

Tabelle 4.7: Zukünftiges Konzept der Streckenbedienung

4.3.6 Strategieübergreifende Problematik

Ein alle Airlines betreffendes Problem, unabhängig davon welche Strategie sie verfolgen, stellen die uneinheitlichen und auf nationale Flugsicherungsbehörden ausgerichteten Gebührensätze des derzeitigen europäischen Gebührenmodells bezüglich der Streckengebühren dar. Detaillierte Informationen zu den einzelnen Gebührensätzen können Kapitel 5.4.1 entnommen werden. Durch diese teils starke Variation der Gebührensätze nutzen Airlines nicht immer den optimalen, sondern den kostengünstigsten Flugweg. Optimal definiert sich an dieser Stelle aus der bestmöglichen Kombination in Bezug auf die Faktoren Sicherheit, Kosten, Pünktlichkeit, Verkehrsaufkommen und Umweltschutz. Im Resultat fliegen Airlines häufig Umwege, d.h. sie wählen bewusst Flugrouten, bei denen sie sich an der Höhe der Gebührensätze orientieren und verursachen dadurch Ineffizienzen. Im Kapitel 5.4 wird daher ein alternatives Gebührenmodell entwickelt.

4.4 Weitere zukünftige Maßnahmen zur Optimierung eines effizienten Flugablaufs

Im Folgenden wird auf weitere denkbare und geeignete Maßnahmen eingegangen, um den Flugablauf effizienter zu gestalten.

In Abbildung 4.8 werden zunächst die Parameter dargestellt, die einen maßgeblichen Einfluss auf ein effizientes Fliegen haben. Die Bezeichnung „effizient“ bezieht sich diesbezüglich auf eine mögliche Reduktion des CO₂-Ausstoßes pro Passagier und pro geflogenem Kilometer

durch die Veränderung der jeweiligen Parameter. Die maßgeblichen Einflussfaktoren, die aus dieser Abbildung hervorgehen, sind die folgenden: verwendete Flugzeugtypen und Triebwerke, Sitzplatz- und Frachtkapazität, Passagier- und Frachtauslastung und die Verwendung bzw. Art der Winglets. So können durch die zwei Parameter, Passagierauslastung und verwendeter Flugzeugtyp, die größten Reduzierungen im CO₂-Ausstoß erzielt werden. Auch könnte der CO₂-Ausstoß pro Passagier pro geflogenem Kilometer durch die volle Kapazitätsnutzung der Sitzplätze, d.h. durch eine maximale Bestuhlungsdichte gesenkt werden.

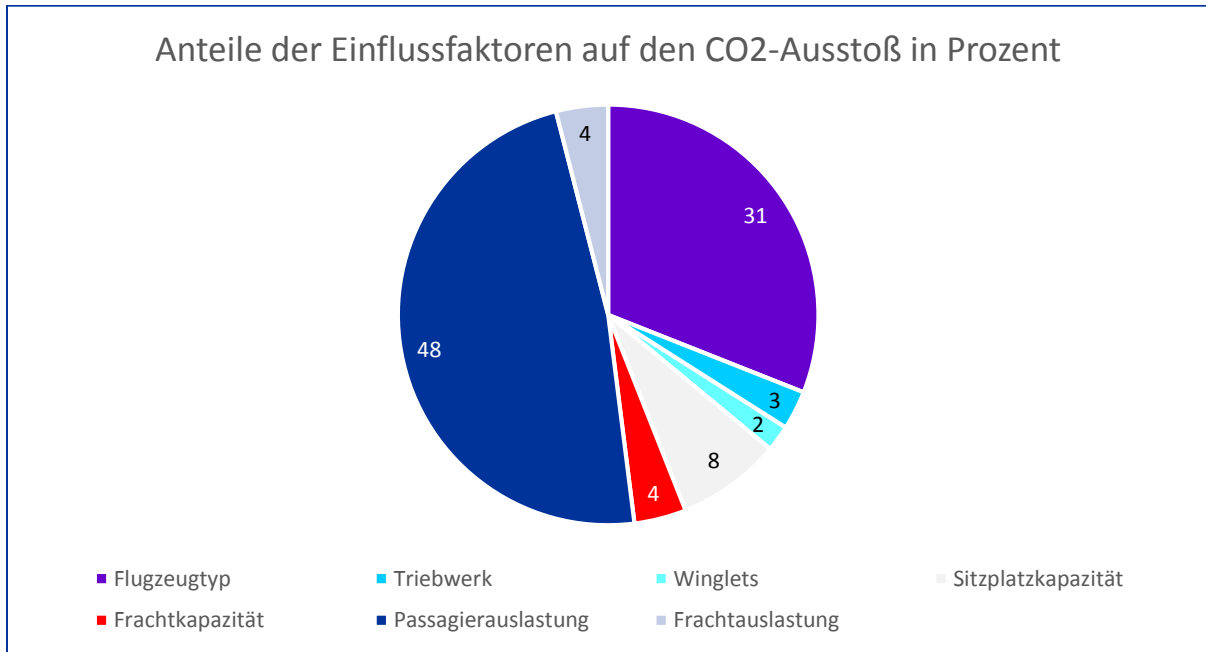


Abbildung 4.8: Anteile der Einflussfaktoren auf den CO₂-Ausstoß in Prozent (vgl. [10]: S.61)

Eine Optimierung des effizienten Flugablaufs, wobei sich das Wort „effizient“ nun nicht mehr ausschließlich auf die CO₂-Senkung bezieht, kann weiterführend auch durch die folgenden Punkte realisiert werden.

Die Modernisierung der Flotte, d.h. der Austausch alter Flugzeugmodelle (Bsp.: B737-300) durch moderne Flugzeugtypen (wie beispielsweise der Boeing 737-800), kann, zum einen durch Kraftstoffeinsparungen und eine damit verminderte Umweltbelastung durch geringeren Schadstoffausstoß und zum anderen durch eine erhöhte Reichweite und Passagierkapazität, im Vergleich zu ihren Vorgängermodellen, zu einem effizienteren Fliegen beitragen.

Flugzeugtyp	B737-300	B737-800
Passagierkapazität [PAX]	149	189
Kraftstoffverbrauch [kg/h]	2.160	2.526
Reichweite [km]	4.180	5.420
MTOW [kg]	56.470	78.240

Tabelle 4.8: Vergleich der verschiedenen Ausführungen des Flugzeugmodells B737 (vgl. [9]: o.S.)

Zwar erscheint der Kraftstoffverbrauch des neuen Modells zunächst höher, wenn man diesen jedoch in Relation zum größeren MTOW, der größeren Reichweite und der höheren Anzahl an beförderten Passagieren betrachtet, ist der Kraftstoffverbrauch allerdings niedriger als beim alten Modell.

Die positiven Effekte, die durch den Einsatz neuer Flugzeugmodelle entstehen, können auch am Beispiel der A320neo aufgezeigt werden. Sie sind in Abbildung 4.9 veranschaulicht. Die A320neo weist im Vergleich zu ähnlichen Flugzeugmodellen einen um 15 Prozent geringeren Kraftstoffverbrauch auf und verursacht einen geringeren Lärmpegel.



Abbildung 4.9: Positive Aspekte der A320neo ([25]: S.31)

Ein weiterer Punkt, der zur Optimierung des effizienten Flugablaufs beiträgt, ist die Senkung der Stückkosten. Eine Reduzierung der Stückkosten kann beispielsweise durch eine Erhöhung der Bestuhlungsdichte oder der Passagier- bzw. Frachtauslastung erreicht werden, woraus eine bessere Kapazitätsausnutzung des gesamten Flugzeuges resultiert. Durch diese Maßnahmen würden zum einen die Stückkosten der Airline gesenkt werden und zum anderen würde die Umweltbelastung durch Flüge mit derartigen Rahmenbedingungen reduziert werden, da sich der gesamte CO₂-Ausstoß auf mehr Passagiere bzw. Fracht verteilen würde. Als Beispiel kann die modifizierte Variante des A380 angeführt werden, bei der durch eine Umgestaltung von Treppen und Crew-Ruheräumen Platz für 78 zusätzliche Sitzplätze geschaffen werden konnte (vgl. [35]: S.40-43).

Auch durch operative Maßnahmen, wie dem Wegfall von Bordkarten aus Papier und deren Ersatz durch elektronische Bordtickets, die sich auf den Smartphones der Passagiere befinden, kann eine Effizienzsteigerung erzielt werden, weil Ressourcen eingespart werden. Zudem kann eine Zeitersparnis in der Passagierabfertigung durch das nicht mehr notwendige Einchecken am Schalter vor Ort am Flughafen erreicht werden, sofern lediglich eine Reise mit Handgepäck erfolgt und die Gepäckaufgabe entfällt.

Des Weiteren kann die Airline an stetigen Streckennetzoptimierungen arbeiten und beispielsweise Flugrouten aus ihrem Streckennetz entfernen, insofern für diese keine angemessene Nachfrage mehr besteht und sie sich für die Airline als unwirtschaftlich herausgestellt haben.

Ein weiterer Kostenhebel für die Airlines eröffnet sich mit der Art der Flugzeugfinanzierung. So stellt es für die Airlines einen Unterschied dar, ob ein Flugzeug gekauft oder geleast wird. Eine Form des Leasings ist das Finanzierungsleasing und eine spezielle Variante das Sale-and-Lease-Back-Modell, bei welchem eine Airline Flugzeuge an einen Leasinggeber verkauft und diese anschließend von diesem wieder anmietet (vgl. [5]: S.1868). Eine zweite Form des

Leasings stellt das Operating Leasing dar. Grundsätzlich kann hier zwischen dem Dry- und Wet-Lease unterschieden werden. Beim Dry-Lease wird lediglich das Flugzeug vermietet, beim Wet-Lease zusätzlich auch die Besatzung. (vgl. [16]: S.146f) Durch das Leasing können Airlines ihren Investitionsaufwand reduzieren. Eine sinnvolle Planung der Leasing- Zeiträume seitens der Airlines ermöglicht es, Wartungsintervalle außerhalb der Leasing- Zeitfenster zu legen und somit Nutzungsausfällen sowie zusätzlichen Wartungskosten zu entgehen.

Neben den bereits genannten Maßnahmen, die Airlines zur Optimierung ihrer Prozesse einleiten können und so zu einem effizienten Flugablauf beitragen, stellen das Single European Sky- und SESAR-Konzept (vgl. Kap. 3.3 und 3.4) eine umzusetzende Notwendigkeit dar.

4.5 Herausforderungen der Airlines

Die Airlines stehen in der heutigen Zeit vor zwei wesentlichen Herausforderungen. Zum einen dem steigenden Kostendruck und zum anderen dem Konkurrenzkampf. Aus diesem Grund ist es für die Fluggesellschaften unumgänglich, ihre eigene Verkehrsleistung genauestens zu bestimmen.

Allgemein lässt sich diese Verkehrsleistung, die wiederum Auskunft über die Effizienz einer Airline gibt, an quantitativen Kenngrößen messen. Die zwei ausschlaggebenden Parameter für eine Airline sind der Passenger Load Factor (PLF) bei Passagiermaschinen und der Weight Load Factor (WLF) bei Frachtflugzeugen, da diese die Kapazitätsauslastung beschreiben. (vgl. [16]: S.125) Durch die Kenngrößenbestimmung ist das Feststellen der Leistungskapazität einer Fluggesellschaft möglich. Zudem wird durch eine derartige Analyse ersichtlich, inwieweit die Airline von ihrem Optimum entfernt liegt und es können gegebenenfalls Maßnahmen zur Optimierung ergriffen werden.

Anhand eines Beispiels werden nun der PLF und der WLF berechnet. Dazu werden folgende Daten als gegeben angesehen.

Abflugort	Frankfurt (FRA)
Zielort	Miami (MIA)
Flugstrecke [km]	7.760
Flugzeugtyp	A380-800
Anzahl Sitzplätze	509
Anzahl beförderte Passagiere	480
Nutzlast [t]	90
Ladung [t]	480 Gepäckstücke zzgl. 25 t Fracht

Tabelle 4.9: Angaben für PLF- und WLF-Berechnung

Als durchschnittliches Gewicht für einen Passagier wird ein Wert von 78 kg verwendet. Für mitgeführtes Gepäck wird pro Stück ein Wert von 23 kg veranschlagt. Die folgenden Berechnungen wurden nach Maurer ([57]: S.126ff) vorgenommen.

Der PLF ergibt sich durch die Division der Kenngröße „Passenger Kilometers Transferred“ (PKT) durch die Kenngröße „Seat Kilometers Offered“ (SKO) und der Multiplikation mit dem Faktor 100 (vgl. [57]: S.127).

Zunächst muss die Kenngröße SKO ermittelt werden. Diese ergibt sich wie folgt:

$$SKO = \text{Anzahl Sitzplätze} \times \text{Flugstrecke} = 509 \times 7.760 \text{ km} = 3.949.840 \text{ SKO}$$

Anschließend folgt die Ermittlung des PKT.

$$PKT = \text{Anzahl beförderte Passagiere} \times \text{Flugstrecke} = 480 \times 7.760 \text{ km} = 3.724.800 \text{ PKT}$$

Schließlich kann nun der PLF auf die oben beschriebene Weise berechnet werden.

$$PLF = \frac{PKT}{SKO} \times 100 = \frac{3.724.800}{3.949.840} \times 100 = 94,3 \%$$

Anschließend erfolgt die Berechnung des Nutzladefaktors WLF. Der WLF ergibt sich durch die Division der Kenngröße „Tonne Kilometers Transferred“ (TKT) durch die Kenngröße „Tonne Kilometers Offered“ (TKO) und der Multiplikation mit dem Faktor 100 (vgl. [57]: S.128).

$$TKO = \text{Nutzlast} \times \text{Flugstrecke} = 90 \text{ t} \times 7.760 \text{ km} = 698.400 \text{ TKM}$$

$$TKT = \text{Gesamtladung} \times \text{Flugstrecke}$$

$$TKT = ((78 \text{ kg} \times 480) + (23 \text{ kg} \times 480) + 25.000 \text{ kg}) \times 7.760 \text{ km}$$

$$TKT = 73,48 \text{ t} \times 7.760 \text{ km} = 570.204,8 \text{ TKT}$$

$$WLF = \frac{TKT}{TKO} \times 100 = \frac{570.204,8}{698.400} \times 100 = 81,64 \%$$

Es folgt eine Zusammenfassung der erhaltenen Ergebnisse:

SKO	3.949.840
PKT	3.724.800
PLF	94,3 %
TKO	698.400
TKT	570.204,8
WLF	81,64 %

Tabelle 4.10: Zusammenfassung der Ergebnisse der PLF- und WLF-Berechnung

Die berechnete Sitzplatzkapazitätsauslastung von 94,3 % und Frachtkapazitätsauslastung von 81,64 % auf einem Langstreckenflug mit besagtem Flugzeugtyp würde ein sehr gutes und effizientes Ergebnis für eine Airline darstellen, wenn man Vergleichswerte heranzieht. So verzeichnete die Lufthansa Passage Group und Lufthansa Cargo auf Langstreckenflügen nach Amerika im Januar einen durchschnittlichen Sitzladefaktor von 78,7 % und einen durchschnittlichen Frachtladefaktor von 64,2 % (vgl. [56]: o.S.). Zum Berechnungsbeispiel kann gesagt werden, dass das Flugzeug nahezu ausgebucht ist, wodurch die Airline für sich selbst einen höheren Erlös erzielt. Ein fast ausgebuchter Flug kommt auch der Umwelt zu Gute, da der verbrauchte Kraftstoff und die entstandenen Schadstoffemissionen runtergerechnet auf einen Passagier deutlich geringer ausfallen als bei einem nur halb ausgebuchten Flug. Immer vorausgesetzt der Annahme, dass der Flug mit einem neuen Flugzeugmodell durchgeführt wird.

Um eigene Kosten zu decken und Gewinne zu vereinnahmen, ist es ein Ziel von Airlines, dass sich ihre quantitativen Kenngrößen in einem wirtschaftlichen Bereich befinden.

Weitere Kriterien, an denen sich Airlines messen können, werden als qualitative Kenngrößen bezeichnet (vgl. [57] :S.125). Hierunter fällt z.B. die Kategorie Kundenzufriedenheit, die anhand von Aussagen über Professionalität und Kompetenz der Crew festgestellt werden kann. Auch im Hinblick auf qualitative Kenngrößen versuchen Airlines sich in bestimmten Kategorien wie beispielsweise dem Serviceangebot oder den Unterhaltungsmöglichkeiten an Bord besonders auszuzeichnen, um sich von der Konkurrenz abzuheben.

4.6 Flughafenentgelte der Airlines

Das folgende Kapitel befasst sich mit den Flughafenentgelten, die seitens der Airlines für eine Nutzung der Flughafeninfrastruktur zu entrichten sind. Die folgende Abbildung 4.10 gibt einen Überblick über die Kostenbestandteile aus Flughafenentgelten und Flughafengebühren an

verschiedenen deutschen Flughäfen am Beispiel eines A320. Der Vollständigkeit halber wurden auch die An- und Abfluggebühr der DFS und die Luftsicherheitsgebühr im Diagramm berücksichtigt, obwohl es sich bei diesen Positionen um keine Flughafenentgelte handelt. Bei den „§19b LuftVG Entgelten“ (rote Balken) handelt es sich u.a. um die Lärmzuschläge, die Emissions- und die Bewegungsentgelte.

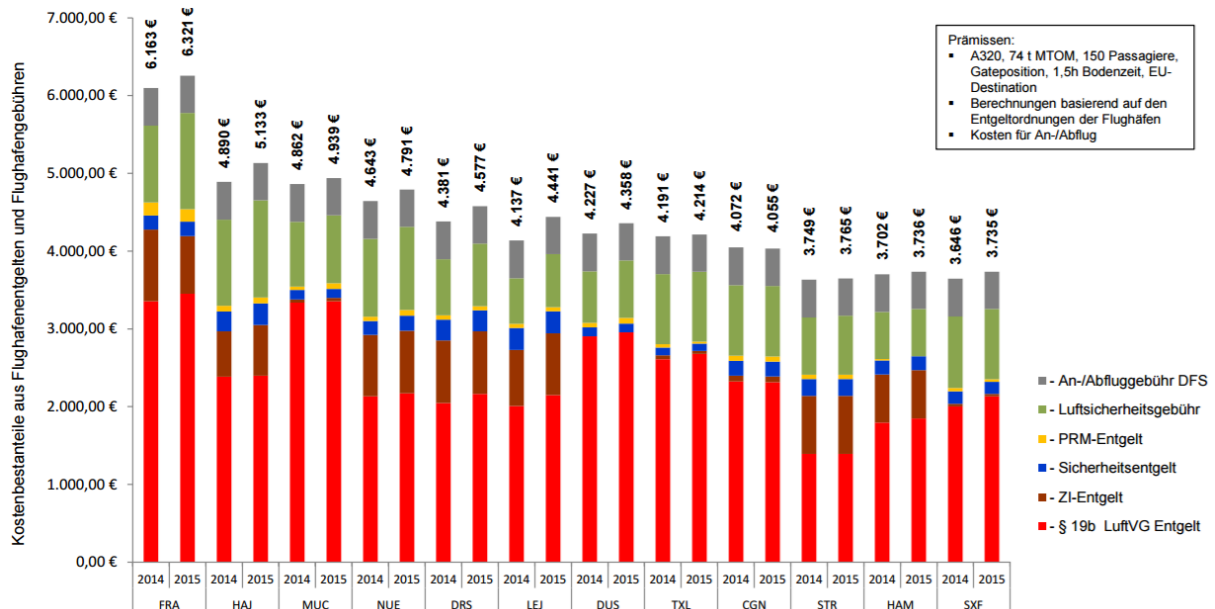


Abbildung 4.10: Zusammensetzung der Flughafenentgelte an deutschen Flughäfen ([12]: o.S.)

4.6.1 Lärmzuschläge

Generell unterscheiden sich die erhobenen Lärmzuschläge je nach Verkehrsflughafen. Sie müssen dem Entgeltkatalog des jeweiligen Flughafens je nach Lärmkategorie des Luftfahrzeugs entnommen werden. Auf das Thema Lärmzuschläge wurde bereits im Kapitel 2.4.2 am Beispiel des Flughafens Düsseldorf eingegangen, weshalb an dieser Stelle darauf verwiesen wird.

4.6.2 Emissionsentgelt

Auch Emissionsentgelte werden von den Flughäfen erhoben. So müssen die Airlines je emittiertem Kilogramm Stickoxid am Düsseldorfer Flughafen bspw. einen Betrag von 1,50 Euro pro Start und pro Landung entrichten (vgl. [34]: S.5). Die Menge der emittierten Stickoxide kann anhand der ERLIG-Formel ermittelt werden ([34]: S.5):

$$NO_x[\text{kg}] = \frac{\text{Anzahl Triebwerke} \times \sum_{\text{Mode}} \text{Zeit} [\text{s}] \times \text{Treibstoffverbrauch} \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right] \times \text{Emissionsfaktor} \left[\frac{\text{g}}{\text{kg}} \right]}{1000}$$

Die Faktoren, Zeit, Treibstoffverbrauch und der Emissionsfaktor spielen bei der Berechnung eine wesentliche Rolle. Der Emissionsfaktor kann für beliebige Turbofan- und Jet-Triebwerke der ICAO Aircraft Engine Emission Database entnommen werden (vgl. [34]: S.5). Im Rahmen von Kapitel 2.4.1 wurde bereits auf Emissionsentgelte eingegangen.

4.6.3 Bewegungsentgelt: Start- und Landegebühren

Zudem werden von Flughäfen Bewegungsentgelte, worunter Start- und Landegebühren fallen, erhoben. Diese messen sich am MTOW des Luftfahrzeugs. So muss ein Flugzeug, das ein MTOW zwischen 79,3 t und 125 t aufweist, einen Betrag von 192 Euro an den Düsseldorfer

Flughafen pro Start und pro Landung entrichten. (vgl. [34]: S.2) Unter die beispielhaft gewählte Gewichtskategorie würde bspw. ein A320neo fallen.

4.6.4 PRM-Entgelt

Laut EU-Verordnung Nr. 1107/ 2006 sind Flughäfen dazu verpflichtet, für behinderte bzw. in ihrer Mobilität eingeschränkte Fluggäste Services kostenfrei zu leisten. Dafür entstehende Kosten legen die Flughäfen auf alle Passagiere um. (vgl. [16]: S.399) Das PRM-Entgelt berechnet sich aus der Anzahl der beim Startvorgang im Flugzeug befindlichen Passagiere und beträgt am Düsseldorfer Flughafen pro Passagier 0,49 Euro (vgl. [34]: S.9).

4.6.5 Sicherheitsentgelt

Das Sicherheitsentgelt bemisst sich ebenfalls an der Anzahl, der sich beim Startvorgang an Bord befindlichen Passagiere und beträgt am Düsseldorfer Flughafen pro Passagier 0,88 Euro (vgl. [34]: S.9). Personal- und Warenkontrollen, die auf dem Flughafengelände durchgeführt werden müssen, werden damit finanziert.

4.6.6 Weitere Entgelte

Weitere Entgelte, die eine Airline an die Flughäfen zahlen muss, sind Passagier- und ZI-Entgelte, worunter u.a. Abstellentgelte fallen. Die Passagierentgelte messen sich an der Zahl der in einem Luftfahrzeug beförderten Passagiere und betragen pro befördertem Passagier, sofern die Landung in einem EU-Staat erfolgt, 15 Euro. Für Landungen außerhalb der EU werden Entgelte in Höhe von 16,05 Euro pro PAX verlangt. (vgl. [34]: S.6) Die ZI-Entgelte fallen für die Nutzung zentraler Infrastruktureinrichtungen an. Abstellentgelte werden für das Abstellen von Luftfahrzeugen an Flughäfen verlangt. Sie stehen in Abhängigkeit zum MTOW und betragen am Düsseldorfer Flughafen bspw. für einen A320neo 165 Euro für eine Dauer von 24 Stunden. Der notwendige Abstellvorgang zwischen Landung und erneutem Start wird nicht in Rechnung gestellt. (vgl. [34]: S.7)

4.6.7 Luftsicherheitsgebühr

Da die Luftsicherheitsgebühren in Abbildung 4.10 enthalten sind, obwohl es sich dabei um kein Flughafenentgelt handelt, wird an dieser Stelle zur Gesamtbetrachtung eine Erläuterung dazu gegeben. Um die Sicherheit an allen Verkehrsflughäfen gewährleisten zu können, stellen umfassende Passagier- und Gepäckkontrollen unumgängliche Maßnahmen dar. Für die Durchführung dieser Kontrollen werden den Airlines die besagten Luftsicherheitsgebühren in Rechnung gestellt. Diese werden in Deutschland seitens staatlicher Stellen (Bundespolizei oder Landesbehörde) erhoben. (vgl. [16]: S.149) In Deutschland müssen die Airlines zu 100% selbst dafür aufkommen, können diese Gebühren jedoch auf ihre Passagiere umlegen. In den USA und einigen europäischen Staaten, wie Spanien oder Italien, beteiligt der Staat die Airlines nur geringfügig an den entstehenden Kosten, da er selbst für den Großteil aufkommt. (vgl. [27]: S.3)

5 Der Beitrag der Flugsicherungen zur optimalen Wertschöpfung im System Luftverkehr

5.1 Die Wirtschaftliche Bedeutung der Flugsicherung

Die Flugsicherung trägt unter Berücksichtigung einer optimalen Konstellation der Aspekte Sicherheit, Umwelt, Kapazität, Verkehrsaufkommen und Kosteneffizienz zur Wertschöpfungskette des Luftverkehrs bei. Ihr Beitrag besteht darin, den Fluggesellschaften Leistungen der Luftverkehrskontrolle zu bieten, damit diese ihre Passagiere oder Fracht sicher befördern können. Zudem wird durch die Flugsicherung eine Vielzahl an Arbeitsplätzen geschaffen, die zu einer Steigerung des BIP beitragen und somit die Wirtschaftskraft des Landes vorantreiben und den Wohlstand sichern (vgl. Kap. 2.3.1). So sind in den EUROCONTROL Mitgliedsstaaten allein 17.370 Fluglotsen beschäftigt, das gesamte Personal der entsprechenden Flugsicherungen beläuft sich auf eine Zahl von 56.300 Mitarbeitern (vgl. [45]: S.21). Die Flugsicherung stellt damit einen unverzichtbaren Bestandteil des gesamten Luftverkehrssystems dar, da kein anderer Anbieter diese Dienstleistungen zur Verfügung stellt, weshalb sie auch als „Essential Facility“ gilt.

5.2 Die Flugsicherung als natürliches Monopol des Luftverkehrssystems

Das folgende Kapitel befasst sich mit der volkswirtschaftlichen Betrachtung der Flugsicherung als natürliches Monopol, Problemen die daraus resultieren und Maßnahmen, die bereits dagegen ergriffen wurden. Außerdem werden Lösungsvarianten zur Integration des Wettbewerbs vorgestellt.

Unter einem natürlichen Monopol versteht man eine

„Situation, in der die firmeninternen Kostendegressionen (Economies of Scale) in Relation zur gegebenen Marktgröße so wichtig sind, dass im Wettbewerb auf Dauer nur ein Unternehmen überleben würde.“ ([5]: S.2206)

Da dies auf die Flugsicherung zutrifft, kann diese als natürliches Monopol identifiziert werden (vgl. [16]: S.152).

Seit jeher existiert für die FS keine direkte Konkurrenz. Durch diesen fehlenden Wettbewerb birgt die FS ein hohes Marktmachtpotential und es finden keine selbstregulierenden Mechanismen statt, die aus einem Konkurrenzkampf hervorgehen und eine Steigerung der Produktivität, Leistungsfähigkeit und Dienstleistungsqualität mit sich bringen würden.

In der Vergangenheit wurden die Gebührensätze an die Höhe der Kosten, die der FS entstanden waren, angepasst. Somit führten die eingenommenen Gebühren zu einer vollständigen Kostendeckung. (vgl. [29]: S.78) Dadurch hatte die FS einen Einfluss auf die Kostenstruktur des Luftverkehrssystems.

Dies machte eine Regulierung notwendig, die das Ziel verfolgte eine marktnahe Lösung zu schaffen. In Folge übernahm das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung die Aufsichts- und Regulierungsfunktion und kümmert sich seitdem u.a. um die Angemessenheit der erhobenen Gebühren.

Im Zuge der ersten Regulierungsperiode (RP1), die am 01.01.2012 begann, wurden europaweit geltende Leistungsziele für definierte Zeiträume festgelegt, die die Key Performance Areas Sicherheit, Kapazität, Umwelt, Verkehrsaufkommen und Kosteneffizienz des SES-Konzepts betreffen. Die zweite Regulierungsperiode (RP2) schloss sich im Jahr 2015 an und erweiterte die Regulierung auf den An- und Abflugbereich. Ihre Dauer

wurde auf die nächsten fünf Jahre ausgelegt, d.h. bis zum Jahr 2019. (vgl. [20]: S.17f und S.153) Es werden weitere Regulierungsperioden folgen.

Eine Möglichkeit, um Wettbewerbselemente ins ATM einzufügen, stellt eine Klüblösung dar, wie sie in Großbritannien bereits seit 2001 erfolgreich umgesetzt wird. Diese Lösungsvariante sieht eine heterogene Aufteilung der Eigentumsverhältnisse des zu privatisierenden Unternehmens vor. Dadurch befände sich die Flugsicherung im Besitz mehrerer Teilhaber, wie bspw. Airlines, Flughäfen und der Flugsicherung selbst. Der Staat würde jedoch nach wie vor den Mehrheitseigentümer darstellen. (vgl. [29]: S.79)

Eine weitere Variante, die bereits in Großbritannien Anwendung findet, ist die Öffnung für Wettbewerber in Form von Ausschreibungen für Luftraumkontrollsektoren. Ein Ansatz, den auch Delhaye ([33]: S.7) in seiner Ausarbeitung zur Integration von Wettbewerb ins ATM thematisiert. Dies wurde bspw. am Flughafen London-Gatwick erfolgreich umgesetzt, an welchem die DFS Aviation Services GmbH den Zuschlag erhielt und seitdem dort die Luftraumkontrolle durchführt (vgl. [23]: o.S.; vgl. [20]: S.27). In diesem Fall bezog sich die Ausschreibung nicht auf einen Luftraumsektor, sondern auf einen einzelnen Tower. Durch die Vielzahl der Bewerber bieten solche Ausschreibungen den Vorteil, dass der bestmögliche Anbieter unter Berücksichtigung des Kosten-Nutzen-Aspekts ausgewählt werden kann.

Einen weiteren interessanten Lösungsansatz, um eine Wettbewerbssituation zu schaffen, stellt eine „Entbündelung“ nach Delhaye ([33]: S.7) dar. Bei diesem Ansatz geht es darum, eine sogenannte „Entbündelung“ zwischen ATM und seiner Infrastruktur durchzuführen. Dies hätte zu Folge, dass nicht monopolistischen Unternehmen die Nutzung dieser Infrastruktur zur Geschäftsausübung gewährt wird, die dann Funktionen der heutigen Flugsicherung übernehmen könnten. (vgl. [33]: S.7) Dieser Gedanke lehnt sich an das von der Deutschen Bahn AG verfolgte Modell an, in dem die Deutsche Bahn AG anderen Unternehmen die kostenpflichtige Nutzung ihrer Infrastruktur (Schienennetz) ermöglicht. Wegen der hohen Sicherheitsrelevanz des ATM müssen die entsprechenden Unternehmen jedoch umfangreichen Prüfungen unterzogen werden, die in einer Lizenzerteilung münden (Zertifizierung nach dem SES-Konzept, das den Unternehmen die Berechtigung erteilt, den Luftverkehr zu koordinieren). Unabhängig davon müsste eine fortlaufende Überwachung durch die Aufsichtsbehörde erfolgen. Die Umsetzung dieser Idee hätte positiven Einfluss auf die Wertschöpfung des Luftfahrtsektors, da die nun im Flugsicherungssektor integrierten Konkurrenzunternehmen ihre Dienstleistungen zu geringeren Preisen anbieten würden.

5.3 Die Aufgaben der Flugsicherung

Die Hauptaufgabe der Flugsicherung besteht darin, den Luftverkehr sicher, geordnet und flüssig abzuwickeln. Ihre Aufgaben setzen sich aus der Flugverkehrslenkung- und Überwachung (im Luftraum und auf den Rollfeldern), der Übermittlung von Flugsicherungsinformationen während des Fluges, der Flugberatung zur Planung und Vorbereitung von Flügen (Informationen über Luftsperrgebiete, Hindernisse, etc.), der Erstellung von Luftfahrkarten, sowie dem Betrieb, der Instandhaltung und der Überwachung von flugsicherungstechnischen Einrichtungen (Bsp.: Navigations- oder Ortungssysteme) zusammen. (vgl. [58]: S.72f) Auch der Nachrichtenaustausch zwischen verschiedenen Flugsicherungsorganisationen zählt dazu. Ein Punkt, der auch im Sinne von SES die gewünschte Harmonisierung und verstärkte Zusammenarbeit der Flugsicherungen unterstützt. Bei der Durchführung ihrer Aufgaben wird in Zukunft starkes Gewicht auf die wirtschaftliche und ökologische Optimierung von Flugabläufen gelegt. Dazu sind Veränderungen im Bereich des ATM erforderlich. Ein Ansatz wäre die Überarbeitung des derzeitigen Gebührenmodells der europäischen Flugsicherungen, welche im folgenden Kapitel diskutiert wird.

5.4 Entwicklung eines neuen Gebührenmodells

Oberstes Ziel für Europa ist im Zuge des SES-Programms die Schaffung eines einheitlichen europäischen Luftraums. Zur Umsetzung dessen ist es erforderlich, dass sämtliche Flugsicherungsorganisationen mit harmonisierten Gebührensätzen arbeiten. Da diese momentan nicht identisch sind, bedarf das Tableau dringender Vereinheitlichung. Außerdem werden momentan im Gebührenmodell Faktoren wie Arbeitsaufwand, Zeit und der wirtschaftliche Nutzen nicht berücksichtigt, wohingegen Faktoren, wie das MTOW, Beachtung erfahren, die evtl. erlässlich sind. Auch dies bietet Spielraum für eine Überarbeitung.

5.4.1 Das derzeitige Gebührenmodell Europas

Zunächst wird der Stand des derzeitigen europäischen Gebührenmodells betrachtet, damit Punkte identifiziert werden können, die einer Verbesserung obliegen.

Dazu wird das Gebührenmodell einer europäischen Flugsicherung vorgestellt. Es wird beispielhaft die DFS gewählt.

Die DFS verlangt für die Inanspruchnahme ihrer Dienstleistungen von Luftraumnutzern, wie bspw. Airlines, zwei Arten von Gebühren. Zum einen erhebt sie An- und Abfluggebühren und zum anderen Streckengebühren. Die An- und Abfluggebühren sind dann zu entrichten, wenn für Start- und Landevorgänge die Dienste der DFS in Anspruch genommen werden. (vgl. [22]: S.1) Sie lassen sich wie folgt berechnen und hängen vom MTOW und dem geltenden Gebührensatz ab.

$$\text{Gebühr} = \left(\frac{\text{MTOW}}{50} \right)^{0,7} \times \text{Gebührensatz} \quad ([18]: \text{o.S.})$$

Der Gebührensatz beträgt an allen deutschen Verkehrsflughäfen seit dem 01.01.2017 laut Verordnung über die Erhebung von Kosten für die Inanspruchnahme von Diensten und Einrichtungen der Flugsicherung beim An- und Abflug 130,59 Euro. *„An- und Abflug sowie wiederholte Durchstartanflüge gelten als ein einziger Flug. Zähleinheit ist der Abflug.“* ([22]: S.1)

Am Beispiel eines A320neo, der ein MTOW von 78 t (vgl. [3]: o.S.) aufweist, sollen die fälligen An- und Abfluggebühren berechnet werden.

$$\text{Gebühr} = \left(\frac{78 \text{ t}}{50} \right)^{0,7} \times 130,59 \text{ €} = 178,28 \text{ Euro}$$

So müsste ein derartiges Flugzeug für die Inanspruchnahme der Flugsicherungsdienste bei Start- und Landevorgang einen Betrag von 178,28 Euro an die DFS entrichten.

Die Streckengebühren entstehen jedem Nutzer, der die Navigationsdienste der Flugsicherung während des Streckenfluges in Anspruch nimmt (vgl. [18]: o.S.). Diese Gebühren sind zum einen abhängig vom momentanen nationalen Gebührensatz, der sich allerdings jährlich ändert. Zum anderen stehen die Gebühren in Abhängigkeit zum MTOW und der Flugstreckenlänge (Großkreisentfernung), die im Kontrollbereich einer nationalen Flugsicherung zurückgelegt wurde. Von dieser Flugstreckenlänge wird jedoch eine Strecke von 20 km pro Start und pro Landung abgezogen (vgl. [52]: S.30). Die Entrichtung der Gebühren erfolgt an die zentrale Gebührenstelle, das Central Route Charges Office der EUROCONTROL. Von dort aus gelangen die erhobenen Gebühren an die jeweiligen europäischen Flugsicherungen. (vgl. [16]: S.400)

Die Streckengebühren errechnen sich wie folgt:

$$\text{Gebühr} = \sqrt{\frac{\text{MTOW}}{50}} \times \frac{\text{Flugstrecke in km}}{100} \times \text{Gebührensatz ([18]: o.S.)}$$

Auch die Streckengebühren werden beispielhaft anhand des A320neo berechnet.

$$\text{Gebühr} = \sqrt{\frac{78 \text{ t}}{50}} \times \frac{610 \text{ km}}{100} \times 69,43 \text{ €} = 528,98 \text{ Euro}$$

Es ergeben sich für einen beispielhaft gewählten Flug von München nach Hamburg mit einer Flugstrecke von circa 610 km, einem MTOW von 78 t und einem momentanen Gebührensatz von 69,43 Euro ([44]: o.S.), der für den Monat April des Jahres 2017 für das Land Deutschland gültig ist, Streckengebühren in Höhe von 528,98 Euro.

Da sich das europäische Flugsicherungssystem überwiegend über die Einnahmen durch Gebühren finanziert, kann hier von einer Nutzerfinanzierung gesprochen werden, d.h. es werden ausschließlich den Nutzern der Flugsicherungsleistungen (Inanspruchnahme von Navigationsdiensten und Navigationseinrichtungen auf der Strecke, sowie zu Start und Landezwecken) Gebühren in Rechnung gestellt (vgl. [18]: o.S.). Flugzeuge, die einen Visual Flight Rules-Flug (VFR) durchführen, müssen dementsprechend keine Gebühren entrichten.

Deutschland weist europaweit neben Spanien und Großbritannien die höchsten Flugsicherungsgebühren auf. Dazu soll nachfolgend ein Vergleich der Gebührensätze zwischen Deutschland und anderen europäischen Ländern erfolgen, um zu verdeutlichen in welchem Bereich die in den jeweiligen Ländern erhobenen Gebühren angesiedelt sind. Es werden die jeweiligen Gebührensätze der Jahre 2012 und 2017 miteinander verglichen.

Land	Streckengebührensatz in € im Jahr 2012	Streckengebührensatz in € im Jahr 2017
Deutschland	74,33	69,43
Spanien	71,84	71,76
Griechenland	35,50	30,02
Großbritannien	86,16	74,65
Norwegen	65,89	47,39

Tabelle 5.1: Vergleich der Gebührensätze verschiedener europäischer Länder der Jahre 2012 und 2017 ([44]: o.S.)

Es zu erkennen, dass die Gebührensätze allgemein von 2012 bis 2017 gesunken sind. Dies ist mit der Umsetzung der Flugsicherungsdienste- Verordnung zu begründen, die im Zuge der Verwirklichung des einheitlichen europäischen Luftraums erlassen wurde. Diese Verordnung fordert, dass „...sich die Mitgliedstaaten in angemessener Weise um eine Einigung auf gemeinsame Grundsätze für die Gebührenregelung...“ ([17]: Art. 15 (2) c) bemühen. Die Senkung der Flugsicherungsgebühren in Europa und die damit einhergehende finanzielle Entlastung der Airlines konnte aufgrund der Regulierung, die am 01.01.2012 mit ihrer ersten Referenzperiode begann und 2015 um die zweite Periode erweitert wurde, erreicht werden (vgl. [20]: S. 17).

Folgende Abbildung 5.1 gibt einen Überblick über die Veränderung der Gebührensätze, die in Deutschland für den Streckenflug im Verlauf von 2015 bis heute erhoben wurden. Es ist zu erkennen, dass die Gebühren seit 2015 sinken. Dies rührt aus einer Stammkapitalzuführung in die DFS von insgesamt 500 Millionen Euro (in den Jahren von 2015 bis 2019) durch die Bundesregierung. (vgl. [20]: S. 27). Zusätzlich griffen in Deutschland, wie in ganz Europa, die Regulierungsmaßnahmen. Im Sinne der Regulierung werden die Gebührensätze der Streckengebühren seit der ersten Regulierungsperiode im Jahr 2012 und die An- und

Abfluggebührensätze seit der zweiten Regulierungsperiode im Jahr 2015 in einem einheitlichen Prozess für einen Zeitraum von jeweils fünf Jahren für die einzelnen SES-Mitgliedsstaaten durch Rechtsverordnung festgelegt (vgl. [20]: S.17f und S.153).

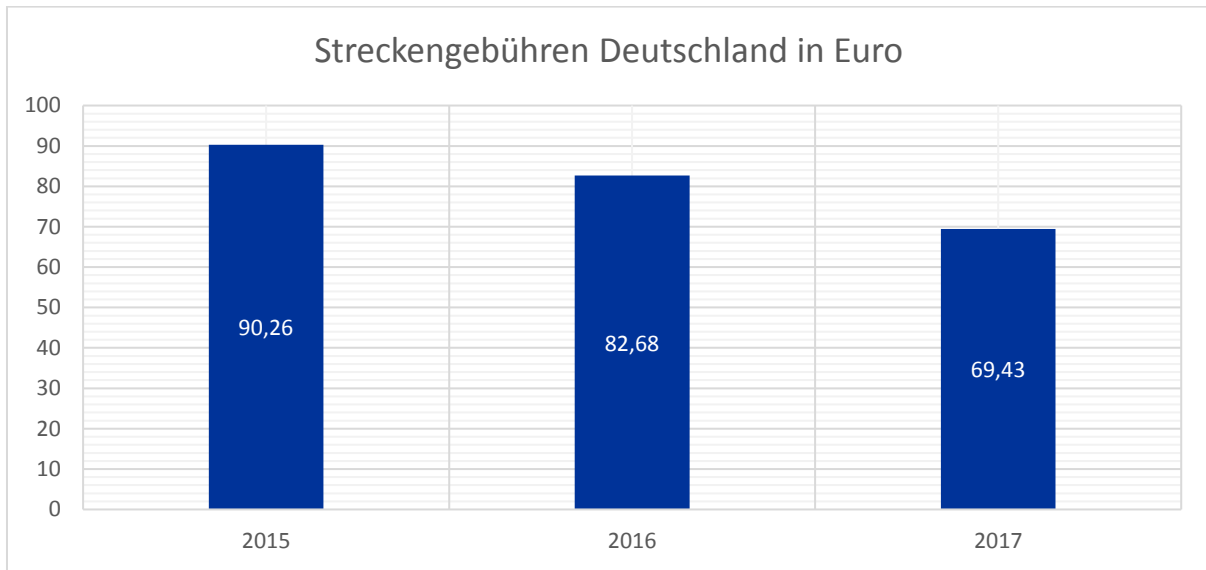


Abbildung 5.1: Entwicklung des Streckengebührensatzes in Deutschland von 2015 bis 2017 (vgl. [44]: o.S.)

Die Abbildung 5.2 stellt die regulatorischen Kosten der BDF-Mitglieder des Jahres 2016 dar, die vom Bundesverband der Deutschen Fluggesellschaften veröffentlicht wurden.

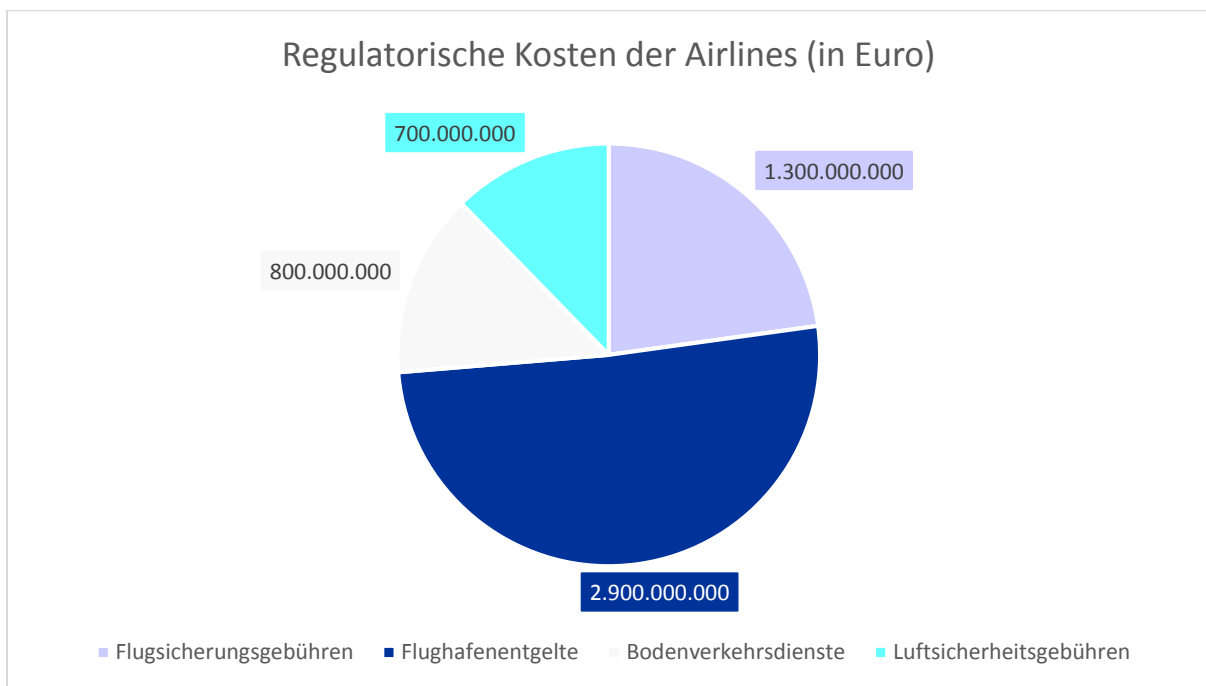


Abbildung 5.2: Regulatorische Kosten der Airlines (vgl. [15]: o.S.)

5.4.2 Das derzeitige Modell der USA

Im Folgenden wird das US-amerikanische Modell geprüft, um Bestandteile zu selektieren, die auch eine Option für das europäische Modell darstellen könnten.

Das US-amerikanische Flugsicherungssystem wird hauptsächlich über den „Airport and Airway Trust Fond“ (AATF) finanziert, der wiederum durch Steuereinnahmen refinanziert wird. Bspw. wird auf die Flugtickets eine 7,5%ige Ticketsteuer erhoben, diese Steuer ist mit der Luftverkehrssteuer in Deutschland vergleichbar, nur dass diese pauschal berechnet wird. Außerdem wird in den USA eine Kerosin- bzw. Kraftstoffsteuer erhoben, die aktuell für General Aviation Kraftstoff 0,218 US-Dollar pro Gallone beträgt. Zudem werden weitere Steuern bspw. auf internationale Ankünfte und Abflüge oder auf Fracht erhoben. (vgl. [36]: S.1f) Somit kann man in den USA von einer Steuerfinanzierung sprechen. Zu Beginn des Jahres 2017 belief sich der Kassenbestand des AATF auf eine Summe von 14.772 Mrd. Dollar (vgl. [48]: o.S.).

In den Vereinigten Staaten wird seitens der Federal Aviation Administration (FAA) lediglich eine einzige Gebührenart für die Luftraumnutzung eingefordert, nämlich die Überfluggebühren (Overflight fees; OFs). Diese Gebühren müssen alle Luftfahrzeugbetreiber entrichten, die den Luftraum, der unter der US-amerikanischen Kontrolle steht, zum Überfliegen, jedoch ohne zu landen oder zu starten, nutzen (vgl. [60]: S.85845). Es wird generell zwischen zwei Arten von OFs unterschieden, den En-Route- und den ozeanischen OFs.

Die Berechnung der Überfluggebühren erfolgt nach dieser Formel:

$$R_{ij} = E \times \frac{DE_{ij}}{100} + O \times \frac{DO_{ij}}{100} \quad (\text{vgl. [60]: S.85854})$$

Dabei repräsentieren die Variablen E (En-Route) und O (Oceanic) die jeweiligen Gebührensätze, die im durchquerten Flugbereich erhoben werden. Die Unterteilung in die verschiedenen Flugbereiche und deren Lage kann der Abbildung 5.3 entnommen werden. Die zwei Parameter DE_{ij} und DO_{ij} stehen für die geflogenen Flugstrecken in den zwei möglichen Bereichen (d.h. Flugstrecke über En-Route- oder Oceanic-Bereich) gemessen vom Eintritts- bis zum Austrittspunkt aus dem jeweiligen Bereich. Das Ergebnis R_{ij} entspricht der gesamten Überfluggebühr, die durch das Durchfliegen der verschiedenen Bereiche entstanden ist und dem jeweiligen Flugzeugbetreiber in Rechnung gestellt wird. (vgl. [60]: S.85854)

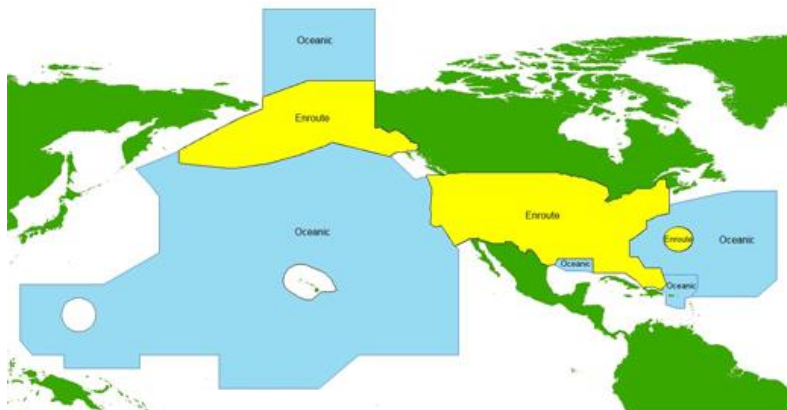


Abbildung 5.3: Darstellung der zwei verschiedenen Überflugbereiche (En-Route und Oceanic) ([49]: o.S.)

Die Gebühren wurden im Jahr 2001 eingeführt und bis zum Jahr 2011 nicht verändert. Da die FAA ihre entstehenden Kosten mit den eingenommenen Gebühren jedoch nicht mehr decken konnte, musste eine Erhöhung der OFs erfolgen. Diese Erhöhung vollzieht sich nun in einem Zeitraum von zwei Jahren, beginnend im Januar 2017 und endend im Januar 2019. In dieser Zeitspanne wird eine jährlich gleichbleibende prozentuale Erhöhung der Gebühren stattfinden. So soll die Gebührensteigerung bis zum Jahr 2019 in den in Tabelle 5.2 ersichtlichen Stufen vollzogen werden. Die jeweiligen Gebührensätze werden pro durchflogene 100 Seemeilen erhoben. (vgl. [60]: S.85844)

Änderungsdatum bzw. Gültigkeitsdauer	En-Route Gebühr in \$ (pro 100 Seemeilen)	Ozeanische Gebühr in \$ (pro 100 Seemeilen)
Vor 01.01.2017	56,86	21,63
01.01.2017 bis 01.01.2018	58,45	23,15
01.01.2018 bis 01.01.2019	60,07	24,77
01.01.2019 und darüber hinaus	61,75	26,51

Tabelle 5.2: Geplante Gebührenerhöhung von 2017 bis 2019 für En-Route und ozeanische Überflüge (vgl. [60]: S.85844)

Zudem gibt es im US-amerikanischen Gebührensystem eine weitere Besonderheit. So werden Flugzeugbetreibern Gebühren, die unterhalb einer 250-US-Dollar-Schwelle liegen, nicht in Rechnung gestellt. Eine Anpassung dieses Schwellenwertes während der zweijährigen Gebührenerhöhungsphase der OFs ist nicht vorgesehen. Dies hat zur Folge, dass dadurch kürzere Überflüge zahlungspflichtig werden, die vor Inkrafttreten der Gebührensatzänderung noch kostenfrei waren. Es ist jedoch geplant, die Schwelle nach der vollendeten Gebührensatzserhöhung auf 400 US-Dollar anzuheben. (vgl. [60]: S.85844) Diese Erhöhung soll den Effekt, dass während der stufenweisen Gebührensatzserhöhungen auch kurze Überflüge zahlungspflichtig sind, im Nachhinein wieder ausgleichen.

Das Vorhandensein einer derartigen Schwelle bringt für die verschiedenen Parteien die folgenden Vor- und Nachteile mit sich. Dadurch, dass Luftfahrzeugbetreibern die Nutzung des Luftraums lediglich für Überflüge, die den Betrag von 250 US-Dollar überschreiten, in Rechnung gestellt wird, entsteht für die ATC trotz weitgehend automatisierter Vorgänge weniger bürokratischer Aufwand. Jedoch entgehen der Flugsicherung durch die Existenz dieser Schwelle Einnahmen.

Nicht nur die ATC, auch die Luftraumnutzer selbst können von dieser Schwelle profitieren, aber auch negativ betroffen sein. Positiv ist, dass Luftraumnutzer, die den US-amerikanischen Luftraum lediglich für eine kurze Überflugstrecke beanspruchen, nicht finanziell belastet werden. Dadurch werden sie dazu angeregt, den möglichst kürzesten und somit umweltschonendsten Flugweg zu wählen, um einer Gebührenabgabe zu entgehen (unter 250-US-Dollar-Schwelle) und vermeiden außerdem Mehraufwand seitens der ATC. Jedoch wird der eben beschriebene Vorteil durch die momentane Erhöhung des Gebührensatzes bis zu einer Anpassung des Schwellenwertes nicht mehr für alle Luftraumnutzer, die bisher davon profitierten, von Nutzen sein.

Durch die Erhebung von OFs erzielt die amerikanische ATC zusätzliche Einnahmen, wodurch die Dienste der ANSP refinanziert werden können. So werden mit den OFs die für die Steuerung und Kontrolle von Überflügen beanspruchten Kapazitäten der amerikanischen ATC finanziert. Mit den erzielten Mehreinnahmen können zudem Steuerentlastungen einhergehen und eine Reduzierung, der aus Fonds bereitgestellten Gelder herbeigeführt werden. Ein besonderer Vorteil der Überfluggebühren besteht darin, dass einheimische Airlines mit diesen Gebühren nicht finanziell belastet werden, da diese überwiegend in Amerika starten oder landen und keine reinen Überflüge durchführen, weshalb diese weitestgehend nicht zur Zahlung von Überfluggebühren verpflichtet sind und so Kosten sparen.

Vor allem für ausländische Airlines entstehen durch die OFs Kosten, da sie durch diese vorrangig finanziell belastet werden.

5.4.3 Vor- und Nachteile der Steuer- und Nutzerfinanzierung

Nachdem die Gebührenmodelle in Europa und in den USA dargestellt wurden, erfolgt nun eine Gegenüberstellung von Gebühren- und Steuerfinanzierung bezogen auf konkret identifizierte Probleme.

So kann festgestellt werden, dass die Höhe der Steuersätze willkürlich seitens des Staates, unabhängig von der erbrachten Leistung festgelegt werden kann, wohingegen Gebührensätze in ihrer Höhe durch den Regulierer für einen festgelegten Zeitraum vorgegeben werden, die dann auch verbindlich sind. Allerdings dürfen bei einer Gebühr nur Kostenbestandteile mit eingerechnet werden, die zur Erbringung der Leistung notwendig sind.

Ein zweites Problem, das identifiziert werden konnte, betrifft die Gebührensätze. Während in den USA lediglich die Overflight Fees relevant sind, deren Höhe jedoch für einen bereits zukünftigen Zeitraum festgelegt ist und die im kompletten US-Gebiet identisch sind, besteht in Europa das Problem der von Land zu Land variierenden Gebührensätze. Daher sollten diese europaweit vereinheitlicht werden.

5.4.4 Zwischenfazit

Nach Vergleich des US-amerikanischen mit dem europäischen Modell wird ersichtlich, dass dieses Konzept, kaum sinnvolle Bestandteile zur Übernahme in das europäische Gebührenmodell enthält, da es sich dabei um ein nahezu rein steuerfinanziertes, nicht nutzergebundenes Konzept handelt.

Die Gebührenfinanzierung stellt hingegen eine deutlich bessere Option dar, da die Nutzer (Airlines) die Lenkungsfunktion der Gebühren spüren. Vorausgesetzt es handelt sich um ein europaweit einheitliches Gebührenmodell mit identischen Gebührensätzen, ist ein gebührenfinanziertes Konzept für den Gesamtprozess Luftverkehr effizienter.

Daher fällt an dieser Stelle die Entscheidung, in Europa ein gebührenfinanziertes Modell beizubehalten, dieses jedoch in sich zu verbessern.

5.5 Problematik des europäischen Gebührenmodells und mögliche Lösungsansätze

Um zu prüfen, ob das derzeitige Gebührenmodell verbessert werden kann und wenn ja wie, werden nun die folgenden zwei Forschungsfragen abgeleitet.

- *Gibt es überhaupt mögliche Alternativen zum derzeitigen Gebührenmodell?*
- *Sofern es mögliche Alternativen gibt: Welche Handlungsschritte/ Veränderungen sind für deren wirkungsvolle Umsetzung und eine grundsätzliche Optimierung des vorhandenen Gebührenmodells einzuleiten/ vorzunehmen?*

Um diese zwei Forschungsfragen beantworten zu können, werden zunächst die grundsätzlichen Probleme des derzeitigen Gebührenmodells identifiziert und im Anschluss daran mögliche Lösungsansätze mit ihren Vor- und Nachteilen erarbeitet.

5.5.1 Problem 1: Arbeitsaufwand der Flugsicherung

Es stellt ein wesentliches Problem dar, dass die von der Flugsicherung erhobenen Gebühren nicht im Verhältnis zur erbrachten Leistung bzw. Arbeit stehen, die für die Steuerung, Kontrolle und sichere Flugführung eines bestimmten Fluges erforderlich ist. Als Beispiel dafür werden nachfolgend zwei verschiedene Flugmanöver im identischen Flugsektor und der dafür erforderliche Arbeitsaufwand seitens der ATC miteinander verglichen.

Das Luftfahrzeug im ersten Flugmanöver will eine Landung durchführen, das zweite Flugmanöver beschreibt einen reinen Überflug. Ein Flugzeug, welches im besagten Sektor landen will, benötigt erheblich mehr Anweisungen von der ATC, um den Landevorgang und die damit einhergehende stetige Reduzierung der Flughöhe, sowie die Änderung der Kursrichtung einzuleiten und vorzunehmen. Die Kontrolle eines Flugzeuges, das lediglich den

Luftraum auf gleichbleibender Höhe durchfliegt, erfordert hingegen deutlich weniger Arbeitsaufwand und nötige Intervention seitens der ATC, sofern bspw. kein Schlechtwettergebiet umflogen werden muss.

Mögliche Maßnahmen/ Lösungen für Problem 1:

Eine mögliche Lösung wäre eine Unterteilung der zu zahlenden Gebühren in verschiedene Kategorien. Je mehr Arbeitsaufwand für die ATC bei der Abwicklung eines bestimmten Flugmanövers entsteht, desto höher können die Gebühren festgesetzt werden.

So könnte ein auf einzelne Flugmanöver ausgerichteter Katalog erstellt werden, in dem diese dann unterschiedlich bepreist werden. Bei der Gebührenfestlegung würde der Ansatz gelten: Je mehr Aufwand für die Flugsicherung verursacht wurde, desto höher die Gebühr. Die Bepreisung könnte nach Vorgängen wie Start, Steigflug, reinen Überflug, Sinkflug, Landung, Durchstarten oder Touch and Go erfolgen. Unbeeinflussbare Vorgänge, wie Notsituationen (Bsp.: Luftraumräumungen durch Fuel Dumping oder Notlandungen) werden in diesen Katalog aus ethischen Gründen nicht mit aufgenommen. Auch durch Wetterphänomene verursachte Manöver, werden im Katalog nicht integriert.

Der Vorteil dieses Modells für die Airlines besteht darin, dass sie nutzungsabhängige Ausgaben hätten, d.h. sie würden in Abhängigkeit zum Umfang ihrer in Anspruch genommenen Leistungen Gebühren zahlen. Der Anbieter (Flugsicherung) hätte hingegen aufwandsabhängige Einnahmen, d.h. er würde in Abhängigkeit zur Komplexität seiner erbrachten Leistung Gebühren vereinnahmen. Es würde somit die Struktur der Gebührenerhebung der Flugsicherung grundsätzlich verändern, da keine pauschalen Gebühren mehr eingenommen werden würden sondern individuelle.

Der Nachteil dieser Lösung besteht in einer teils schwierigen Abgrenzbarkeit der einzelnen Flugmanöver voneinander. Es müssten daher definierte Ein- und Austrittspunkte bzw. -grenzen für die verschiedenen Flugmanöver festgelegt werden. Außerdem könnte sich die Datenerfassung als sehr komplex herausstellen, sowie für das Controlling einen hohen Aufwand und hohe Kosten verursachen. Wahrscheinlich würde es nicht zu Mehreinnahmen auf Seiten der Flugsicherung führen, sondern lediglich zu einer gerechteren Gebührenbelastung auf Seiten der Nutzer kommen. Daher wird diese Lösungsvariante in der Praxis nur eine geringe Umsetzungswahrscheinlichkeit haben.

5.5.2 Problem 2: Umweltbelastung

Auch der Faktor des wirtschaftlichen Nutzens sollte bei der Umgestaltung des Gebührenmodells Beachtung finden. So stellt ein vollausgebuchter Flug eine deutlich effizientere Beförderungsmethode dar, als ein nur zu 50 % ausgebuchter. Aufgrund begrenzter Luftraumkapazitäten sollten diese nicht durch unwirtschaftliche Flüge beansprucht werden.

Mögliche Maßnahmen/ Lösungen für Problem 2:

Der Sitzladefaktor hat zwar keinen Einfluss auf den Arbeitsaufwand der ATC, dennoch sollte ein derartiger Aspekt bei der Gebührenerhebung aus Gründen der Umweltschonung berücksichtigt und den Airlines zum Vorteil ausgelegt werden, indem sie weniger Gebühren entrichten müssen. Dadurch kann den Airlines ein Anreiz verschafft werden, wirtschaftlicher zu fliegen und dabei weitere Kosten zu sparen. Kapazitäten der ATC würden somit seltener zur Überwachung von unwirtschaftlichen Flügen gebunden werden.

Linienfluggesellschaften, die verkehrsrechtlich verpflichtet sind, all ihre Flüge durchzuführen (vgl. Kap. 4.1.1), auch wenn diese nicht ausgebucht sind, würden durch ein derartiges Modell Benachteiligungen erfahren, da sie mit Zusatzkosten belastet werden würden. Andere Airlines, wie bspw. Leisure-Carrier würden dazu verleitet werden, Flüge noch eher ausfallen zu lassen

bzw. die Durchführungsfrequenz zu verringern. Außerdem könnte dieser Lösungsvorschlag zur Folge haben, dass sich Flüge noch mehr auf die Hauptverkehrszeiten konzentrieren und die Nebenzeiten kaum ausgelastet sind. Dies hätte dann auch negative Auswirkungen auf die Kapazitätsplanung bei Flugsicherung und Flughäfen.

Folglich könnte sich die Umsetzung dieser Variante in der Praxis als schwierig erweisen, weil sie eine hohe Komplexität aufweist und negative Auswirkungen auf zahlreiche Luftverkehrsakteure hat. Lediglich die Umwelt würde an dieser Stelle profitieren.

Ein erwähnenswerter Ansatz, um den Vorschlag eingeschränkt umzusetzen, wäre die Erhöhung des Passagierentgeltes in Abhängigkeit von der Ausbuchung des Flugzeugs. So müsste eine Airline bei einem schwach ausgebuchten Flug pro Passagier einen höheren Betrag entrichten als bei einem stark ausgebuchten.

5.5.3 Problem 3: Gebührensätze

Ein weiterer zu kritisierender Punkt sind die in Europa existierenden Gebührensätze. Diese werden zwar vom Regulierer immer für einen Fünf-Jahres-Zeitraum festgelegt, allerdings variieren sie in ihrer Höhe von Land zu Land. Daraus resultiert, dass Airlines bewusst Umwege in Kauf nehmen, da sie für sich stets den kostengünstigsten Weg wählen. Dies ist nicht im Sinne einer optimalen Wertschöpfung, denn durch diese Umwege kommt es zu einem erhöhten Ressourcenverbrauch und Schadstoffemissionen. Zudem werden die Kapazitäten der europäischen Flugsicherungen teils unnötig beansprucht, da Airlines nicht die optimale Flugroute, wie sie von der Trajektorie vorausberechnet wurde, wählen und somit zum Teil Dienstleistungen von mehr Flugsicherungen beanspruchen als notwendig.

Mögliche Maßnahmen/ Lösungen für Problem 3:

Daher sollten die Gebührensätze in ganz Europa auf einem identischen Niveau angesiedelt werden. Diese Maßnahme würde somit im Einklang mit der Umsetzung des SES-Hauptziels, der Schaffung eines einheitlichen europäischen Luftraums, stehen. Durch die europaweit vereinheitlichten Gebührensätze hätten Airlines keinen Mehrwert mehr davon, Umwege zu fliegen, da es keine Gebiete mit niedrigeren Flugsicherungsgebühren mehr geben würde. Zudem würde dadurch erreicht werden, dass Airlines nun die von der Trajektorie berechneten Optimal- Routen fliegen würden, wodurch der Kerosinverbrauch und der Schadstoffausstoß gesenkt werden würden, was wiederum die Umwelt entlasten würde.

Durch eine Angleichung der Gebührensätze würden einige Flugsicherungen Mehreinnahmen und andere Einbußen zu verzeichnen haben. Da ein Unternehmen nicht freiwillig auf Einnahmen verzichten wird, könnte eine Lösung für die Umstellungsphase (für die ersten Jahre) folgendermaßen aussehen:

Als Erstes müsste ein regulatorischer Rahmen (Aufsichtsbehörde) für Gesamteuropa geschaffen werden. Dann würde auf europäischer Ebene ein einheitlicher Gebührensatz eingeführt werden, der nach außen hin für alle Luftraumnutzer gültig wäre. Intern würde aber jedes Land (zuerst einmal) seinen eigenen Gebührensatz behalten. Die eingenommenen Gesamtgebühren würde die Aufsichtsbehörde dann entsprechend an die einzelnen Länder verteilen. Stufenweise sollten die nationalen Gebührensätze dann in Richtung des einheitlichen europäischen Gebührensatzes angeglichen werden.

5.5.4 Problem 4: Zeitaufwand der Flugsicherung

Ein weiterer Punkt, der bei der momentanen Gebührenerhebung unberücksichtigt bleibt, ist der Faktor Zeit. Zur Veranschaulichung dazu dient folgendes Beispiel:

Es wird davon ausgegangen, dass zwei Flugzeuge gleichen MTOWs in einem ausreichenden zeitlichen Abstand die identische Flugroute nutzen. Jedoch bewegt sich das eine Flugzeug mit einer deutlich höheren Geschwindigkeit und fliegt die Route somit schneller als das Flugzeug mit der geringeren Geschwindigkeit ab. Letzteres Flugzeug benötigt die Kontrolle und Anweisungen der ATC somit über einen längeren Zeitraum als das andere und bindet somit die Kapazitäten der Flugsicherung über eine längere Zeit. Dennoch zahlen beide Flugzeuge die identischen Flugsicherungsgebühren.

Mögliche Maßnahmen/ Lösungen für Problem 4:

Eine für dieses Problem denkbare Lösung wäre die Berücksichtigung des Zeitfaktors in der Gebührenerhebung. So sollte die Gebührenberechnung in Abhängigkeit zu der Zeit, in der Luftraumnutzer die Dienste der ATC beanspruchen, erfolgen. Eine Möglichkeit wäre es, die bestehende Berechnungsformel für die Streckengebühren um eine Zeitkomponente zu ergänzen. Der Vorteil für die Airlines wäre hier, dass sie nur für Zeiträume bezahlen, in denen sie Kapazitäten der Flugsicherung beanspruchen. An dieser Stelle könnte diskutiert werden, ob Luftraumnutzer evtl. dazu verleitet wären, eine höhere Fluggeschwindigkeit zu wählen, um Flugsicherungsgebühren zu sparen. Wahrscheinlich würden Airlines ihre Fluggeschwindigkeiten jedoch nicht erhöhen, denn dies würde zu einem Anstieg ihrer Kerosinkosten führen und somit nicht in ihrem Interesse liegen, sodass es wohl zu keinem Problem bezüglich einer erhöhten Umweltbelastung durch erhöhten Ressourcenbedarf und Schadstoffemissionen kommen würde. Ein Nachteil wäre erneut die aufwändige und schwierige Datenerfassung. So müsste sichergestellt werden, wann die Kommunikation mit dem jeweiligen Flugzeug begann und wieder endete, damit der exakte Zeitraum festgestellt und anschließend abgerechnet werden kann. Die damit verbundenen Kosten könnten unter Umständen hoch ausfallen. Bei dieser Lösungsvariante besteht die Gefahr, dass Piloten die Kommunikation mit der Flugsicherung auf das Notwendigste beschränken, um Kosten zu sparen, was wiederum nicht im Interesse des Faktors Sicherheit liegen würde. Daher wird dieses Modell sicher nur umsetzbar sein, wenn für Airlines auch Anpassungen im Protokoll bezüglich vorgeschriebener Kommunikationsprozesse mit der Flugsicherung vorgenommen werden.

5.5.5 Problem 5: Berücksichtigung des MTOW

Ein letzter zu thematisierender Aspekt ist die Infragestellung der Notwendigkeit und Zweckmäßigkeit der Berücksichtigung des MTOWs bei der aktuellen Berechnung der Streckengebühren. Bei der Berechnung der An- und Abfluggebühren sollte der Gewichtungsfaktor weiterhin Beachtung finden, da dieser der einzig sinnvolle Parameter zur Differenzierung zwischen den einzelnen Flugzeugtypen ist. So blockt ein Wide-Body-Jet aufgrund der höheren Intensität seiner Wirbelschleppen einen größeren Luftraum- und somit Zeitabschnitt, da der Fluglotse für diesen einen größeren räumlichen Abstand zum nachfolgenden Verkehr berücksichtigen muss, was wiederum ein Zeitfenster für andere Verkehrsteilnehmer nicht nutzbar macht.

Nachfolgend soll ein Beispiel bezüglich der Streckengebührenberechnung angebracht werden:

Zwei Flugzeuge bewegen sich mit identischer Geschwindigkeit und verwenden in einem ausreichenden zeitlichen Abstand die identische Flugroute. Daher lässt sich sagen, dass beide Flugzeuge die Dienste der ATC in gleichem Maße beanspruchen, jedoch weisen die Flugzeuge kein übereinstimmendes MTOW auf. Daher würde bspw. ein A330-200 aufgrund seines höheren MTOWs von 242 t (vgl. [4]: o.S.) im Vergleich zu einem A320neo, der lediglich ein MTOW von 78 t (vgl. [3]: o.S.) aufweist, durch das derzeitige Gebührenmodell finanziell benachteiligt werden und müsste für die identische Leistung der ATC höhere Gebühren

entrichten. Die gegenwärtige Methode der Gebührenerhebung bringt somit erhebliches Streit- und Diskussionspotential mit sich.

Mögliche Maßnahmen/ Lösungen für Problem 5:

Für die ATC stellt es keinen wesentlichen Unterschied im Arbeitsaufwand dar, ob sie einen A330-200 oder A320neo auf einer identischen Flugroute kontrollieren. Die Gebührenerhebung der Streckengebühren unter Vernachlässigung des MTOW würde eine gerechtfertigte Methode darstellen, da die zu zahlenden Gebühren der Airlines an der Dauer der Inanspruchnahme der Dienstleistung und die Einnahmen der ATC am jeweiligen Zeitaufwand gemessen werden würden. Daher sollten die zwei im Beispiel genannten Flugzeuge trotz ihres unterschiedlichen MTOWs die identischen Flugsicherungsgebühren zahlen. Dies würde auch im Einklang mit der empfohlenen Maßnahme aus Problem 2 stehen, sodass vollbesetzte Maschinen ebenso wie Großraumflugzeuge, die viele Passagiere oder Fracht auf einmal befördern, keine Benachteiligung erfahren. Das würde wiederum dem Nachhaltigkeitsstreben der Airlines zu Gute kommen.

Bei dieser Lösung handelt es sich insgesamt um eine verstärkte Variante der vierten Lösungsmöglichkeit, da an dieser Stelle die bestehende Formel nicht nur um eine Zeitkomponente erweitert wird, sondern der Faktor MTOW aus der bestehenden Formel eliminiert werden würde. Wahrscheinlich ist eine Kombination aus beiden Lösungsansätzen die sinnvollste Lösung. Das heißt, es müsste zum einen die Elimination des MTOW Faktors erfolgen, welche von einer Integration einer Zeitkomponente begleitet werden würde.

Die zuletzt genannte Lösungsvariante wird neben der dritten Variante für die vielversprechendste gehalten, aus diesem Grund wird deren Umsetzbarkeit im Folgenden Abschnitt ausführlich geprüft und diskutiert. Alle anderen vorgestellten Verbesserungsvorschläge enthalten ebenso interessante Ansätze, auf die im weiteren Verlauf jedoch nicht näher eingegangen wird.

5.6 Resultat: Das neue Gebührenmodell

Voraussetzung für die Optimierung des europäischen Gebührenmodells ist zunächst die Festlegung der Gebührensätze aller europäischen Länder auf einem einheitlichen Niveau, wie es das SES-Konzept vorsieht (vgl. Kap. 5.5.3). Dies ist wichtig, da diese Gebührensätze, auch Bestandteile des neuen Gebührenmodells sein werden, in welchem die von den Luftraumnutzern zu zahlenden Gebühren individuell an der Dauer der Inanspruchnahme der Dienstleistung gemessen werden würden. Die ATC würde Gebühren in Abhängigkeit der von ihnen investierten Zeit vereinnahmen. Die im Folgenden neu entwickelte Formel muss dann auch europaweit eingeführt werden, sodass für alle SES-Mitglieder die identischen Berechnungsgrundlagen gelten.

Die neue Formel zur Berechnung der Streckengebühr, die dem neuen Gebührenmodell zu Grunde gelegt wird, könnte wie folgt aussehen:

$$\text{Streckengebühr} = \sqrt{\frac{\text{Flugstrecke in km}}{100}} \times \sqrt{\text{Zeit in min}} \times \text{Gebührensatz}$$

Annahmen:

- Der neue Faktor Zeit umfasst die reine Sprechzeit zwischen Piloten und Fluglotsen.
- Bei der Entwicklung der neuen Formel wurde die Annahme getroffen, dass ein ausgewogenes Verhältnis der gewählten Flugzeugkategorien (25 %: 20 t-, 25 %: 78 t, 25 %: 150 t- und 25 %: 300 t-Flugzeug) vorliegt, die durch die Flugsicherung navigiert werden.
- Allen Berechnungen wird ein Gebührensatz von 60,00 Euro zu Grunde gelegt.

Im Folgenden wird ein Vergleich der Gebühreneinnahmen für verschiedene Flugstrecken vorgenommen. Die dazu erforderliche Berechnung erfolgt sowohl nach dem alten als auch nach dem neuen Gebührenmodell. Die Betrachtung erfolgt unter Zugrundelegung unterschiedlicher Flugzeuggewichtsklassen und Sprechzeiten zwischen Piloten und Flugsicherung. Nachfolgend wird dazu die Tabelle 5.3 erläutert.

In der dritten Tabellenspalte ist die Summe der Einnahmen ersichtlich, die nach dem alten Gebührenmodell berechnet wurde. Dies erfolgte unter Zugrundelegung eines ausgewogenen Verhältnisses der ausgewählten Flugzeugkategorien, d.h. in diesem Beispiel die Summe der Gebühreneinnahmen eines 20 t, 78 t, 150 t und 300 t Flugzeuges. In Spalte sieben wurde die Summe der Gebühren nach dem neuen Modell berechnet. Dazu wurde die auf die Flugstrecke bezogene neue Gebühr (aus Spalte sechs) mit der Zahl vier multipliziert (weil das Beispielpportfolio aus vier Flugzeugen besteht). Beim Vergleich der Gebühren nach altem Modell (Spalte zwei) und der Gebühren nach dem neuen Modell (Spalte sechs) wurde ersichtlich, dass durch die Umstellung auf das neue Berechnungssystem größere Flugzeuge Kostenvorteile im Vergleich zum derzeitigen Berechnungssystem hätten und für leichtere Flugzeuge höhere Kosten entstehen würden. Für die Flugsicherung käme es somit zu erheblichen Mindereinnahmen. Daher bedarf die neue Formel einer streckenabhängigen Vervielfachung.

Gewicht in t	Gebühr alt in €	Summe der Gebühren alt in €	Flugstrecke in km	Sprechzeit in min	Gebühr neu in €	Summe der Gebühren neu in €
20	227,68	2.182,68	600	5	328,63	1.314,52
78	449,64					
150	623,54					
300	881,82					
20	341,53	3.274,02	900	6	440,91	1.763,64
78	674,46					
150	935,31					
300	1.322,72					
20	455,37	4.365,35	1.200	7	549,91	2.199,64
78	899,28					
150	1.247,07					
300	1.763,63					
20	683,05	6.548,03	1.800	8	720,00	2.880,00
78	1.348,92					
150	1.870,61					
300	2.645,45					
20	910,74	8.730,72	2.400	9	881,82	3.527,28
78	1.798,56					
150	2.494,15					
300	3.527,27					
20	1.138,42	10.913,39	3.000	10	1.039,23	4.156,92
78	2.248,20					
150	3.117,69					
300	4.409,08					

Tabelle 5.3: Vergleich der Streckengebühren bei Zugrundelegung des alten und neuen Gebührenmodells

Im Folgenden wird die notwendige streckenabhängige Vervielfachung mit den Faktoren zwei bis sieben geprüft.

Als Beispiel wird die Formel hier mit dem Faktor zwei dargestellt.

$$\text{Streckengebühr} = \sqrt{\frac{\text{Flugstrecke in km}}{100}} \times \sqrt{\text{Zeit in min} \times 2} \times \text{Gebührensatz}$$

Für höhere Vervielfachungen ist die Formel analog anzuwenden.

Die folgende Tabelle 5.4 enthält die nach dem neuen Modell berechneten Gebühren ohne Vervielfachung, sowie mit den Faktoren zwei bis sieben vervielfältigt. Außerdem sind die Summen nach altem und neuem Gebührenmodell mit jeweiliger Vervielfachung zu Vergleichszwecken einbezogen.

Bei der Summenbildung in Spalte zwölf wurde jeweils die Gebühr nach neuem Modell für ein Flugzeug mit vier multipliziert. Dafür wurde das jeweils türkisfarbene Feld pro Zeile herangezogen und mit vier multipliziert. Dies konnte so gemacht werden, da das Gewicht nach dem neuen Berechnungsmodell nicht mehr relevant ist.

In Spalte 13 wurde die Summe der Gebühren nach altem Modell für die gewählten vier Flugzeuge (dazu wurden die Gebühren der jeweiligen vier Flugzeuge aus Spalte zwei addiert) berechnet. Somit wurde ein direkter Vergleich der Summen bezogen auf die jeweilige Flugstrecke nach altem und neuem Modell möglich.

Es ist zu erkennen, dass sich die Gesamteinnahmen der Flugsicherung nach erfolgter Belegung der Formel mit dem jeweiligen Vervielfachungsfaktor in jeglichen Streckenbereichen nur geringfügig verändern. Bei der Gebührenberechnung nach altem Modell würde die Flugsicherung Gesamteinnahmen von 36.014,19 Euro (Spalte 13, letzte Zeile) verbuchen, bei der Berechnung nach neuem Modell würde sie einen Betrag von 35.391,12 Euro (Spalte zwölf, letzte Zeile) vereinnahmen, jeweils bezogen auf das gewählte Flugzeugportfolio. Somit entstände für die Flugsicherung trotz einer kompletten Neuausrichtung der Gebührenberechnung kein finanzieller Nachteil. Die geringfügige Differenz der zwei Beträge würde sich auch durch eine Anpassung des Gebührensatzes ausgleichen lassen. Denn die Höhe des Gebührensatzes stellt neben dem Vervielfachungsfaktor noch einen weiteren Stellhebel dar, was bedeutet, dass dieser europaweit einheitlich auf einen anderen Wert als hier im Beispiel gewählt, festgelegt werden kann, je nachdem ob eher hohe oder niedrige Gebühren gewünscht sind.

Es lässt sich nun festhalten, dass die Vervielfachung in Anhängigkeit von der zurückgelegten Flugstrecke erfolgen muss. Und zwar nach folgendem Prinzip:

Bei Flugstrecken

- bis 600 km erfolgt die Vervielfachung mit dem Faktor zwei
- bis 900 km erfolgt die Vervielfachung mit dem Faktor drei
- bis 1200 km erfolgt die Vervielfachung mit dem Faktor vier
- bis 1800 km erfolgt die Vervielfachung mit dem Faktor fünf
- bis 2400 km erfolgt die Vervielfachung mit dem Faktor sechs und
- bis 3000 km erfolgt die Vervielfachung mit dem Faktor sieben.

Daraus lässt sich nun Folgendes ableiten:

Jeweils bei der häftigen Verdoppelung der ursprünglichen Distanz ist ein höherer Vervielfachungsfaktor einzusetzen, sodass die Werte, bei denen ein neuer Vervielfachungsfaktor anzuwenden ist, nicht manuell festgelegt werden, sondern einem mathematischen Prinzip folgen. Dieses Prinzip wird in Tabelle 5.4 durch türkisfarbene Kennzeichnung deutlich.

Gewicht in t	Gebühr alt in €	Flug- strecke in km	Sprech- zeit in min	Gebühr neu in €	Gebühr neu Faktor 2 in €	Gebühr neu Faktor 3 in €	Gebühr neu Faktor 4 in €	Gebühr neu Faktor 5 in €	Gebühr neu Faktor 6 in €	Gebühr neu Faktor 7 in €	Summe mit jeweiliger Ver- vielfachung in €	Summe der Gebühren alt in €
20	449,64	600	5	328,63	464,76	569,21	657,27	734,85	804,98	869,48	1.859,04	2.182,68
78	227,68											
150	623,54											
300	881,82											
20	341,53	900	6	440,91	523,54	763,68	881,82	985,90	1.080,00	1.166,53	3.054,72	3.274,02
78	674,46											
150	935,31											
300	1.322,72											
20	455,37	1.200	7	549,91	777,69	952,47	1.099,82	1.229,63	1.346,99	1.454,92	4.399,28	4.365,35
78	899,28											
150	1.247,08											
300	1.763,63											
20	683,05	1.800	8	720,00	1.018,23	1.247,08	1.440,00	1.609,97	1.763,63	1.904,94	6.439,88	6.548,03
78	1.348,92											
150	1.870,61											
300	2.645,45											
20	910,74	2.400	9	881,82	1.247,08	1.527,35	1.763,63	1.971,80	2.160,00	2.333,07	8.640,00	8.730,72
78	1.798,56											
150	2.494,15											
300	3.527,27											
20	1.138,42	3.000	10	1.039,23	1.469,69	1.800,00	2.078,46	2.323,79	2.545,58	2.749,55	10.998,20	10.913,39
78	2.248,20											
150	3.117,69											
300	4.409,08										35.391,12	36.014,19

Tabelle 5.4: Vergleich der Gebühren nach dem alten und neuen Modell

Betrachtet wurden lediglich Flüge bis zu einer Distanz von 3.000 km. Sofern die entwickelte Formel auch auf größere Distanzen angewendet werden soll, muss die Vervielfachung analog fortgesetzt werden.

Es liegen dieser Arbeit keine Daten über die prozentuale Aufteilung der von der Flugsicherung navigierten Flugzeuggrößen vor. Daher könnte es praktisch möglich sein, dass die Flugsicherung mehr schwere als leichte Flugzeuge kontrolliert, was dazu führen könnte, dass durch die neue Formel niedrigere Einnahmen für sie einhergehen würden. Sollte dies so sein, müsste die Formel für alle Distanzbereiche mit einem jeweils höheren Vervielfachungsfaktor belegt werden, sodass beispielsweise im Bereich von 600 km bereits mit dem Faktor drei und nicht mit dem Faktor zwei begonnen wird. Die Fortsetzung würde dann mit Faktor vier, fünf, usw. erfolgen.

In der Anfangsphase der Einführung dieses Modells könnten hohe Kosten anfallen. Diese wären auf die Entwicklung notwendiger neuer komplexer Berechnungstools und einer damit einhergehend benötigten neuen Technikausstattung zurückzuführen. Außerdem entstünde ein hoher Zeitaufwand für die Einarbeitung in die neuen Systeme. Auch die Datenerfassung der Zeitfenster, in denen aktive Sprechzeit zwischen Piloten und Fluglotsen stattfindet, müsste systemseitig unterstützt werden.

Zur Identifizierung des jeweiligen Sprechabschnitts müssten Fluglotsen ein an das neue Vorgehen angepasstes Sprechprotokoll einhalten. Dies könnte wie folgt aussehen:

„Nennung der Flugnummer...Gespräch zwischen dem Piloten und dem Fluglotsen ...Erneute Nennung der Flugnummer“, d.h. der Sprechkontakt müsste mit der Flugnummer beginnen und auch wieder enden, damit das jeweilige Sprechfenster systemseitig abgegriffen werden kann.

Abschließend kann nun festgestellt werden, dass die zwei zu Beginn aufgestellten Forschungsfragen beantwortet werden konnten.

- *Es gibt Alternativen zum derzeitigen Gebührenmodell.*
- *Die zur wirkungsvollen Umsetzung und grundsätzlichen Optimierung des vorhandenen Gebührenmodells einzuleitenden Handlungsschritte und vorzunehmenden Veränderungen wurden im Zuge dieses Kapitels ausführlich diskutiert.*

Generell wird durch dieses neue Konzept erreicht, dass alle Luftraumnutzer für die in Anspruch genommene gleiche Dienstleistung der Flugsicherung identische Gebühren unabhängig vom MTOW zahlen, d.h. dass sie nur für Zeiträume bezahlen, in denen sie Kapazitäten der Flugsicherung beanspruchen. Das neue Modell würde damit eine faire Kostenverteilung auf die Luftraumnutzer mit sich bringen, die das alte Modell nicht darstellt. Die vereinheitlichten Gebührensätze würden auch das Problem beseitigen, dass Airlines bewusste Umwege fliegen, um Kosten zu sparen, was wiederum Ressourcen (Kerosin) einsparen würde und Schadstoffemissionen verringern würde. Somit wäre auch ein positiver Einfluss auf den Faktor Umwelt gegeben. Zudem würde die Luftraumkapazität besser ausgeschöpft werden, da die Flugzeuge nun ihre nach Trajektorie berechnete effizienteste Route fliegen würden. Dieses hätte wiederum positive Folgen für die Flugsicherungen, da dadurch keine Kapazitäten von Flugsicherungen, die für den Sektor der „Umweg-Route“ zuständig sind, gebunden werden würden. Des Weiteren könnte es zu einer Entzerrung von Verkehrsströmen kommen, da Gebiete mit jetzt noch höheren Gebühren dann nicht mehr gemieden werden würden. Damit ist die neu entwickelte Formel ein Weg hin zu noch mehr Individualisierung durch Wegfall der pauschalen Berücksichtigung des Flugzeuggewichts und Einbeziehung des individuellen Zeitaufwands.

Die Umstellung von einer gewichtsabhängigen zu einer aufwandsabhängigen Gebührenberechnung wird in der Umsetzungsphase ein komplettes Umdenken erfordern.

Gerade vor dem Hintergrund, dass die Gebühren für kleinere Flugzeuge steigen und für größere dagegen fallen werden. Für das Gesamtsystem des Luftverkehrs könnte dies durchaus positive Auswirkungen haben. So könnten Airlines ihre Geschäftspolitik dahingehend überdenken müssen, Flüge auf wenig nachgefragten kürzeren Strecken zu reduzieren bzw. die Ticketpreise auf diesen zu erhöhen, da überwiegend auf diesen Strecken leichte Flugzeuge zum Einsatz kommen, die durch das neue Gebührenmodell allerdings höhere Kosten als bisher verursachen. Der Wegfall von Flügen würde somit Luftraumkapazitäten freigeben, wodurch auch auf Seiten der Flugsicherung Entlastung entstehen würde. Auch das ökologische System hätte einen Mehrwert.

6 4D-Trajektorien

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit dem Thema 4D-Trajektorien. Dazu wird zunächst der momentane Technikstand präsentiert und das grundlegende Konzept anhand relevanter Aspekte erklärt. Anschließend werden die Vorteile und Herausforderungen, die mit dem neuen Konzept für verschiedene Parteien einhergehen, sowie Einflussfaktoren dieser neuartigen Technologie auf das ATM herauskristallisiert. Zuletzt erfolgt ein Ausblick in Bezug auf die Implementierung und den zukünftigen Einsatz dieser Entwicklung. Außerdem wird dargelegt, was diese Innovation im Luftfahrtsektor ermöglichen kann.

6.1 Aktueller Stand der Technik und Konzeptklärung

Das Konzept der 4D-Trajektorien stellt ein neuartiges Prinzip der zukünftigen Flugführung dar. Es soll damit das Ziel verfolgt werden, den Luftfahrzeugbetreibern in Zukunft trotz hoher Luftverkehrsdichte einen wirtschaftlich optimierten Flugablauf zu ermöglichen und den Luftverkehr somit effizient abzuwickeln, d.h. sowohl für die Flugsicherung als auch für die Airlines sollen letztlich möglichst geringe Kosten entstehen und beide Parteien sollen von Zeitersparnissen profitieren (vgl. [71]: S.77 und S.142). Zudem soll durch diese neuartige Technologie eine bessere Ausnutzung und damit eine mögliche Steigerung der Luftraum- und Flughafenkapazität stattfinden (vgl. [71]: S.77). Eine weitere positive Auswirkung der 4D-Trajektorien besteht darin, dass diese einen pünktlichen Flugablauf durch eine Reduzierung von Verspätungen fördern, woraus schließlich eine höhere Effizienz des gesamten Luftverkehrssystems hervorgeht (vgl. [71]: S.77 und 137). Zusätzlich werden die 4D-Trajektorien so erstellt, dass für die Flugzeugbetreiber die Betriebskosten (Bsp.: für Kerosin) auf ein niedrigeres Level sinken als bisher und somit optimiert werden (vgl. [71]: S.137). Zum jetzigen Zeitpunkt befindet sich das Konzept der 4D-Flugführung jedoch noch in der Entwicklungsphase und wird vollständig ausgereift voraussichtlich nicht vor 2025 genutzt werden (vgl. [59]: S.345). Die Besonderheit dieses Prinzips ist es, dass die Flugführung nicht nur von drei Dimensionen, wie es bisher üblich ist, sondern von vier Dimensionen bestimmt wird. Die bisher verwendeten drei Dimensionen setzen sich aus der Flugbahngeschwindigkeit, dem Bahnneigungswinkel und dem Bahnazimut zusammen (vgl. [59]: S.346). Die neu hinzukommende und damit vierte Dimension repräsentiert die Zeit. Unter Zuhilfenahme des Faktors Zeit können Flugrouten bereits vor Flugbeginn exakt vorausberechnet werden, sodass genau bestimmt werden kann, zu welchen Zeitpunkten sich Flugzeuge an welchen Orten befinden werden (vgl. [71]: S.23). Mit einer derartigen Möglichkeit der Vorausplanbarkeit und Berechenbarkeit des aufkommenden Luftverkehrs geht eine effizientere Nutzung des Luftraums einher, denn dessen Kapazitäten und auch die der Flughäfen können aufgrund besserer Vorhersehbarkeit und Planbarkeit besser ausgelastet werden (vgl. [32]: S.52). Zudem ist durch die exakte Definition der Flugzeugposition zu einer bestimmten Zeit das Realisieren einer weitestgehend automatischen Flugführung möglich, wodurch Eingriffe seitens der ATC und seitens der Piloten nur bei Gefahrensituationen bzw. unvorhersehbaren Ereignissen notwendig werden (vgl. [71]: S.141).

Es besteht das grundsätzliche Ziel, während der Flugdurchführung nicht von der geplanten optimalen Trajektorie abzuweichen. Dennoch ist es notwendig, dass die Berechnungen für die Trajektorien ein hohes Maß an Flexibilität aufweisen und sich somit problemlos an sich verändernde Flugsituationen, die sich „aus technischen oder operationellen Erfordernissen“ ([71]: S.78) ergeben können, anpassen lassen (vgl. [71]: S.78). Um eine generelle Abweichung von der vorausgeplanten Trajektorie zu verhindern, müssen Rahmenbedingungen berücksichtigt werden, die im weiteren Verlauf beschrieben werden. Die Berücksichtigung dieser Aspekte erfolgt über das „Advanced Flight Management System“ ([32]:S.52). Dieses System stellt eine Grundvoraussetzung für die Anwendung von 4D-Trajektorien dar und muss sich zukünftig, nach dessen vollendeten Entwicklungsarbeiten, an Bord jedes Flugzeugs

befinden, das die Trajektorie-Technologie nutzen möchte (vgl. [32]: S.52). Flugzeuge, die zukünftig nicht mit dieser Technik ausgestattet sind, können das Leistungspotential der 4D-Flugführung einschränken, da diese manuell von der Flugsicherung in den bestehenden Verkehrsfluss integriert werden müssen, ohne diesen dabei negativ zu beeinflussen (vgl. [71]: S.45). Das AFMS ist eine Weiterentwicklung des „Flight Management Systems“, welches zur automatischen Flugwegführung entlang einer zuvor eingegeben Flugroute dient. Die Unterstützung des Piloten durch dieses System (FMS) ist vom Start bis zur Landung möglich. Jedoch arbeitet das FMS lediglich mit drei Dimensionen. Dahingegen verwendet das weiterentwickelte AFMS bereits die zusätzliche vierte Dimension und berechnet an Bord des Flugzeuges die geplante Trajektorie unter Beachtung der folgenden Rahmenbedingungen (vgl. [32]: S.53). Bei der Trajektorie-Planung wird nicht nur die Kompatibilität der berechneten Trajektorie mit dem bestehenden Flugplan per Data Link abgeglichen, es werden auch meteorologische Daten, die Leistungsdaten des jeweiligen Flugzeugtyps, ATC- und ATM-Vorgaben, sowie ökonomische Kriterien (bspw. Kraftstoffverbrauch) berücksichtigt (vgl. [32]: S.53). Via Data Link gelingt es bspw., die an Bord vom FMS bzw. AFMS berechneten Flugdaten mit der Flugsicherung zu teilen, sodass diese Daten sowohl auf Bord- als auch auf Bodenseite zur Verfügung stehen, wodurch eine gemeinsame Flugplanungsgrundlage geschaffen und ein notwendiger Datenaustausch ermöglicht wird (vgl. [71]: S.6). Grundsätzlich kann das Konzept der 4D-Flugführung dazu beitragen, den wachsenden Anforderungen in den Bereichen Sicherheit und Kapazitätsauslastung gerecht zu werden. Um diese Anforderungen zu erfüllen, stellen eine genaue räumliche sowie zeitliche Steuerung und Kontrolle der Luftfahrzeuge eine Grundvoraussetzung dar (vgl. [32]: S.52).

6.2 Einflüsse der 4D-Trajektorien

Mit der Einführung von 4D-Trajektorien, die auch als Bahnkurven bezeichnet werden können, würden für verschiedene Parteien Vorteile einhergehen, jedoch würden auch neue Herausforderungen entstehen. Sowohl die Vorteile, als auch die Herausforderungen für das Luftverkehrssystem allgemein, die Flugsicherung, die Umwelt, die Airlines und die Piloten werden nun aufgelistet.

Grundsätzlich profitiert das Luftverkehrssystem als Gesamtheit von der Einführung der 4D-Trajektorien, denn diese tragen zu einer generellen Effizienzsteigerung der Flugverkehrsabwicklung und einem wirtschaftlich optimierten Fliegen bei. Durch die exakte Terminierung des Flugzustandes eines Luftfahrzeugs kann eine genauere und zeitlich dichtere Flugstaffelung erzielt werden (vgl. [71]: S.45). Flugzeuge lassen sich somit auf eine sichere und wirtschaftliche Weise in den hoch frequentierten Luftraum eingliedern. Dadurch können Luftraum- und Landebahnpkapazitäten besser ausgenutzt und die Pünktlichkeit verbessert werden, indem beispielsweise das Fliegen von Warteschleifen oder die Bündelung von Luftfahrzeugen oftmals vermieden werden kann. Dieses neue Prinzip der zeitlich dichteren Flugzeugstaffelung kann auch zu einer Optimierung von An- und Abflugverfahren beitragen (vgl. [32]: S.53). Die Herausforderung besteht letztlich darin, dass die Sicherheit aller Luftraumnutzer und der sich unter dem beflogenen Luftraum befindlichen Bevölkerung zu jeder Zeit bei einer Ausweitung automatisiert ablaufender Prozesse gewährleistet sein muss. So müssen mögliche Abweichungen der vorausgeplanten Trajektorie frühzeitig erkannt werden, um Konflikte zu verhindern.

Als erste Partei profitiert die Flugsicherung von einer Einführung der 4D-Flugführung, da diese Technologie es ermöglicht, zukünftig entstehende Konfliktsituationen durch optimierte Vorhersehbarkeit frühzeitig zu erkennen und so deren Entstehen vorzubeugen (vgl. [32]: S.52). Durch diese Möglichkeit der Konfliktfrüherkennung kann der Stressfaktor der Fluglotsen gesenkt werden, da sie ausreichend Zeit zur Verfügung haben, auf einen zukünftigen Konflikt zu reagieren. Zudem werden die Fluglotsen durch die hohe Flugführungsautonomie dieser

neuen Technologie entlastet, sodass sie in einer definierten Zeitspanne mehr Flugzeuge kontrollieren und abfertigen können. Der Flugsicherung ständen dadurch freie Personalkapazitäten zur Verfügung.

Auch wird diese Entlastung durch die Übertragung von Aufgaben an Piloten begünstigt, denn durch die Weiterentwicklung des FMS zum AFMS wird es Piloten zukünftig möglich sein, die aktuellen Positionen und geplanten Trajektorien anderer Luftverkehrsteilnehmer eines definierten Luftraumabschnitts an Bord direkt und in Echtzeit einzusehen. So können die Piloten zukünftig eine Selbst-Separation durchführen, was bedeutet, dass die Einhaltung von Stafflungsabständen zu anderen Luftverkehrsteilnehmern in der Verantwortung der Piloten und nicht mehr in der der Fluglotsen liegt. (vgl. [32]: S.52)

Die Herausforderungen, die die Flugsicherung im Rahmen einer Einführung von 4D-Trajektorien zu bewältigen hätte, wäre der Einsatz und die Anwendung neuer Technik, wie beispielsweise des „*System Wide Information Management[s]*“ (vgl. [59]: S.346) für Bord-Boden-Kommunikationsprozesse in jeder Flugsicherungszentrale. Einen Umstellungsprozess stellen zudem der hohe Automatisierungsgrad und die Delegation von früher selbst durchgeführten Aufgaben dar.

Auch die Piloten müssen sich an diesen neuen hohen Automatisierungsgrad und an ihre daraus resultierende Funktion als „*Systemüberwacher*“ ([71]: S.141) gewöhnen, sofern keine unvorhersehbaren Ereignisse eintreten, die ihr Eingreifen erforderlich machen. Durch den Erhalt wertvoller Unterstützung bei ihrer Aufgabenerfüllung durch das FMS müssen die Piloten weniger routinemäßige Arbeiten verrichten (vgl. [71]: S.22). Dadurch kann auch einer Fehlerentstehung durch Monotonie entgegengewirkt werden.

Eine besondere Trajektorie ist die Free Flight Trajektorie bzw. Idealtrajektorie. Die Free Flight Trajektorie ist jedoch nur in Lufträumen, die eine geringe Verkehrsdichte und keine Einschränkungen seitens der Flugsicherung vorweisen (beispielsweise durch Geschwindigkeitsbeschränkungen oder Höhenvorgaben), möglich, weshalb diese bisher nur selten Anwendung findet, da die meisten Lufträume kontrolliert sind und in diesen somit flugsicherungsseitige Einschränkungen bestehen. Sofern Piloten die erforderlichen Separationsabstände einhalten, können sie bei einer Free Flight Trajektorie, die laterale Flugführung, die Fluggeschwindigkeit und –höhe beliebig festzulegen, um so den Flugablauf eigenständig verbessern zu können. Besonders dabei müssen die Piloten ihrer neu hinzugewonnenen Aufgabe, die die eigenständige Separation zu anderen Luftverkehrsteilnehmern umfasst, gerecht werden. (vgl. [71]: S.17)

Im Folgenden wird das Schema einer Free Flight Trajektorie vom Start bis zur Landung veranschaulicht. Vergleichsweise wird in Abbildung 6.2 ein typischer vom FMS berechneter Flugverlauf, wie er üblicherweise in Mitteleuropa geflogen wird, dargestellt (vgl. [71]: S.16).

Da bei der Free Flight Trajektorie keine Einschränkungen seitens der ATC vorhanden sind, sind auch keine spontanen Änderungen bezüglich der Flughöhe, der Fluggeschwindigkeit oder der lateralen Flugführung nötig. Dieser Vorteil führt dazu, dass die Flugverlaufskurve im Vergleich zur Kurve in Abbildung 6.2 einen deutlich ruhigeren Verlauf aufweist. Die Flugverlaufskurve in Abbildung 6.2. weist hingegen deutlich mehr Sprünge im Flugverlauf auf, da hier Vorgaben und Einschränkungen seitens der ATC von den Piloten umgesetzt werden müssen.

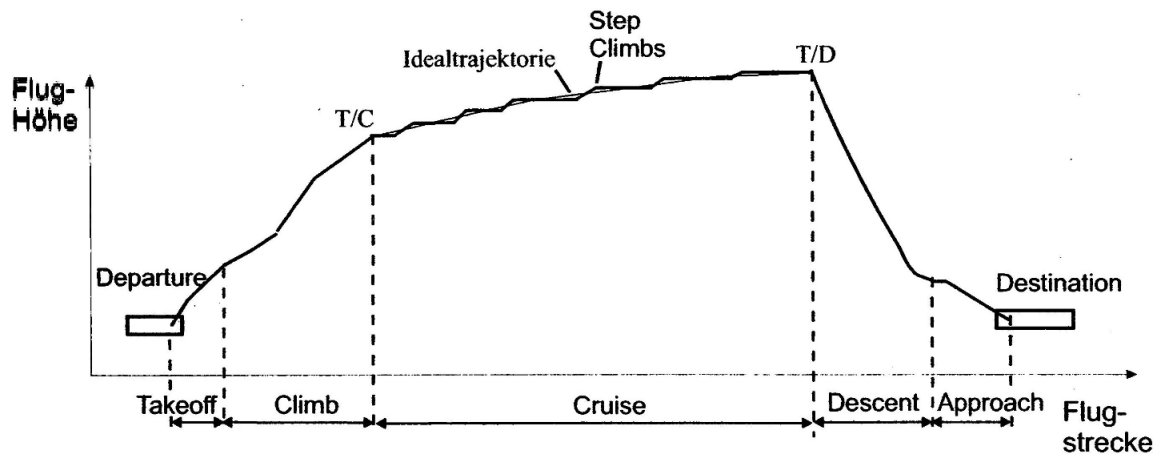


Abbildung 6.1: Schema einer Free Flight Trajektorie ([71]: S.16)

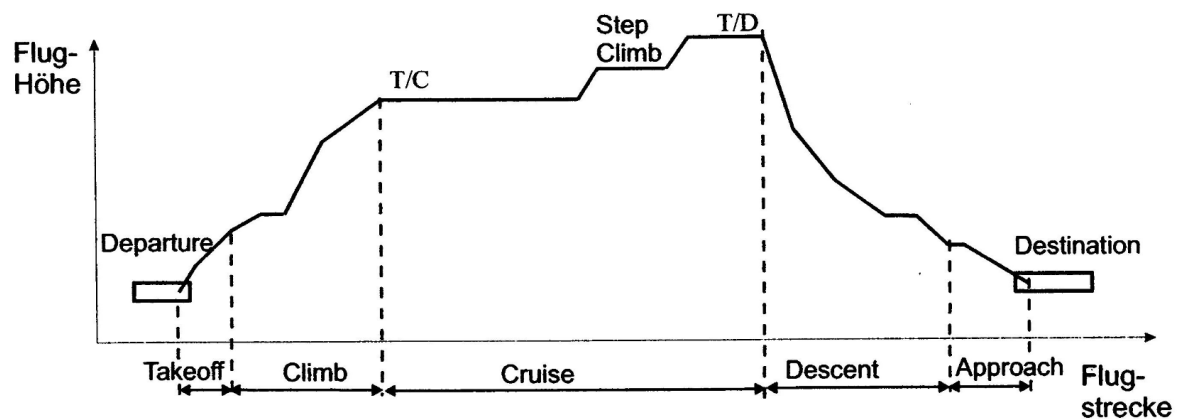


Abbildung 6.2: Schema eines vom FMS berechneten Flugverlaufs ([71]: S.51)

Zudem ergibt sich für die Umwelt ein Mehrwert durch die Verwendung der 4D-Flugführung. Da im Rahmen der Trajektorie-Planung stets die optimale Flugroute unter Berücksichtigung von den bereits beschriebenen Rahmenbedingungen erstellt wird, können Zeit- und Kraftstoffeinsparungen erzielt werden, wodurch die Umwelt durch geringere Belastungen geschont wird.

Zuletzt sind auch die Airlines von der Einführung der 4D-Flugführung betroffen. Durch das Fliegen der vorausgeplanten optimalen Flugroute zu optimalen Bedingungen, wie einer möglichst kurzen Flugzeit, einem möglichst geringen Kraftstoffverbrauch mit der Folge einer geringen Schadstoffproduktion, können Airlines Kosteneinsparungen verzeichnen. Die Herausforderung besteht darin, ihre Flugzeuge mit neuer Technik, die für das Verwenden der 4D-Flugführung erforderlich ist, auszustatten, was eine große Investition darstellen würde. Ein Beispiel für notwendige Technik auf der Bordseite wäre das bereits beschriebene AFMS.

6.3 Fazit und Zukunftsausblick

Trotz der revolutionären zukünftigen Möglichkeiten durch diese Technologie müssen dennoch eventuelle Unsicherheiten einkalkuliert werden. Diese Unsicherheiten beziehen sich auf eine Abweichung der geflogenen Flugroute von der eigentlich geplanten Trajektorie und daraus unter Umständen resultierenden Konflikten, die ein Eingreifen der Piloten oder der ATC erforderlich machen. Daher stellt der Mensch in diesem neuartigen Konzept der Flugführung trotz des hohen Grades an Automatisierung weiterhin einen bedeutenden Teil des Gesamtsystems dar.

Abschließend kann gesagt werden, dass das Konzept der 4D-Flugführung es ermöglichen kann, dass alle Luftraumnutzer, die mit der notwendigen Technik ausgestattet sind, ihre direkteste Flugroute fliegen können und somit für alle beteiligten Akteure (Airlines, Flugsicherung, Piloten, Flughäfen) ein möglichst geringer Zeit- und Kostenaufwand zustande kommt sowie eine verbesserte Kapazitätsausnutzung (Flughäfen, Luftraum) erfolgt. So würden die Airlines Kraftstoffkosteneinsparungen aufgrund kürzerer Flugzeiten zu verzeichnen haben. Dies würde wiederum der Umwelt zu Gute kommen, da sie mit weniger Schadstoffemissionen belastet werden würde. Die neue Technologie unterstützt Piloten bei routinemäßigen Arbeiten, was zu einer Senkung der Fehlerquote beitragen kann und somit die Sicherheit im Luftverkehr erhöht. Auf Seiten der Flugsicherung entstehen aufgrund der hohen Flugführungsautonomie der 4D-Technologie freie Kapazitäten, die dann an anderer Stelle eingesetzt werden können, was langfristig gesehen die Personalkosten reduziert. Die Konfliktrüherkennung, die das System mit sich bringt, reduziert den Stressfaktor bei den Fluglotsen und kann dazu beitragen, dass sich Krankheits- und Ausfallquoten verringern. Durch die 4D-Trajektorien kann eine verbesserte Ausnutzung der Luftraumkapazität erzielt werden, was dazu führt, dass das Fliegen von Warteschleifen und darauf beruhende Verspätungen reduziert werden können. Dies führt wiederum zu einer verbesserten Ausnutzung der Flughafenkapazitäten aufgrund einer räumlich und zeitlich dichteren Luftfahrzeugstaffelung, sodass An- und Abflugverfahren optimiert werden können. Um dies zukünftig umzusetzen, besteht die Notwendigkeit, während der Flugdurchführung möglichst nicht von der vorausgeplanten optimalen Trajektorie abzuweichen. Zur Implementierung der Technologie der 4D-Trajektorien müssen jedoch Voraussetzungen sowohl auf Bord- als auch auf Bodenseite erfüllt sein. So muss zunächst eine Schnittstelle zwischen Bord und Boden existent sein, die einen Datenaustausch zwischen beiden Partnern bspw. via Data Link ermöglicht, sodass gewährleistet ist, dass beide Parteien über die identischen Flugplanungsdaten verfügen. Daher stellt die Weiterentwicklung dieser Datenverbindungen, sowie der bord- und bodenseitigen Systeme, wie das AFMS oder das SWIM, einen bedeutenden Aspekt bis zur zukünftigen konventionellen Nutzung der 4D-Flugführung dar.

Die 4D-Trajektorien sind eine Voraussetzung für zukünftige Flugsicherungsverfahren, wie bspw. dem „Sectorless ATM“ ([31]: S.1). Dieses Konzept der sektorfreien Flugführung verzichtet auf die Aufteilung des oberen Luftraums in Sektoren. Somit könnte ein Fluglotse nicht mehr nur den Verkehr in dem ihm zugewiesenen Sektor kontrollieren, sondern Flüge durchgehend von Start bis Landung betreuen.(vgl. [31]: S.1)

7 Auswertung

Im letzten Kapitel dieser Bachelorarbeit wird ein abschließendes Fazit gezogen und ein Zukunftsausblick bezüglich notwendiger Änderungsmaßnahmen gegeben, um sowohl das derzeitige Gebührenmodell des europäischen Luftverkehrssystems als auch Grundprinzipien der vorgestellten Airline-Strategien effizienter zu gestalten. Durch diese Maßnahmen soll letztlich eine Optimierung des europäischen Luftverkehrssystems erzielt und somit Ineffizienzen reduziert bzw. eliminiert werden.

7.1 Fazit und Zukunftsausblick bezüglich der Airline-Strategien

Weltweit existieren verschiedene Strategien, die von Airlines bezüglich ihrer Geschäftspolitik angewendet werden können. Je nach verfolgter Strategie verwenden Airlines dabei unterschiedliche Konzepte zur Effizienzsteigerung bezüglich des gesamten Flugablaufs. Generell besteht in den folgenden Bereichen Optimierungspotential: Vertriebskanäle, Flottenpolitik, Bordangebote, Wartung und Instandhaltung, Flugzeugfinanzierung, Streckennetz, Kapazitätsausnutzung, Personalkosten und Umweltbelastung.

Die zeitgemäße Nutzung von Remote- Vertriebsplattformen stellt für Airlines einen entscheidenden Faktor dar. So gewinnt der Verkauf von Tickets über das Internet immer mehr an Bedeutung. Auch Vorgänge wie der Online- oder Self-Check-In offenbaren Einsparmöglichkeiten für die Airlines. Tätigkeiten, die vorher von Bodenpersonal durchgeführt wurden, werden auf den Kunden verlagert. Dies führt zu einer Einsparung von Personal und daraus folgend Personalkosten. Ebenso könnte über eine kostenpflichtige Sitzplatzreservierung und die Abschaffung von Freigepäck nachgedacht werden, was wiederum neue Einnahmequellen eröffnen würde. Beim On-Board-Service können Airlines durch Reduzierung oder Einstellung kostenloser Angebote Kosten minimieren. Die Umstellung auf gebührenpflichtige Unterhaltungsprogramme, Zeitschriften, Kissen sowie Speisen und Getränke würde den Airlines Zusatzgewinne einbringen.

Zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit stellt die Flottenpolitik einen entscheidenden Faktor dar. Indem sich eine Airline für die Investition in moderne Flugzeugmodelle entscheidet, erhöht sie zwar ihren anfänglichen Investitionsaufwand, verringert allerdings ihre laufenden Kosten durch Einsparungen in Bezug auf Wartungs-, Instandhaltungs- und Betriebskosten. Außerdem profitiert die Umwelt durch weniger Emissionen. Auch eine Spezialisierung auf ein einheitliches Flugzeugmodell bringt der Airline einen wirtschaftlichen Mehrwert, da auch dies zu einem reduzierten Wartungs- und Instandhaltungsaufwand beiträgt. Zusätzlich verringert sich der Schulungsbedarf der Crewmitglieder, da sie sich nicht ständig auf andere Flugzeugmodelle einstellen müssen. Durch die richtige Wahl der Finanzierungsmethode lassen sich für die Airlines Kostenpositionen optimieren. Verglichen mit dem Kaufen werden durch das Leasen von Flugzeugen Investitionskosten reduziert. Gleichzeitig können durch das geschickte Legen von Leasing- Zeiträumen vorgeschriebene Wartungen außerhalb der Leasing Zeit gelegt werden. Dies verhindert dadurch bedingte Nutzungsausfälle und vermindert Maintenance-, Repair- and Overhaul-Kosten.

Das Gewicht eines Flugzeuges hat einen Einfluss auf seine Betriebskosten, daher führen Gewichtsreduzierungen zu Kosteneinsparungen für die Airlines. Als Maßnahme können die Airlines neue Flugzeuggenerationen erwerben, die nach diesem Gesichtspunkt unter Verwendung moderner Faserverbundwerkstoffe, wie Karbon, konstruiert wurden. Moderne Winglets, wie bspw. die „Split Scimitar Winglets“, verringern im Vergleich zu herkömmlichen Winglets den Kraftstoffverbrauch noch einmal um bis zu zwei Prozent (vgl. [14]: S.11). Wie man sich bei der Entwicklung der Winglets die Flügel des Kondors zum Vorbild nahm, arbeitet man aktuell an einer neuartigen Rumpfaußenhaut. Hierbei hat man sich an der Haifischhaut mit ihrer Rillenstruktur orientiert, die Verwirbelungen verhindert. Dieses Prinzip möchte man

sich zu Nutzen machen. Durch den geringeren Luftwiderstand kann wiederum der Kerosinverbrauch eingedämmt werden. (vgl. [14]: S.11)

Selbst bei Vorgängen wie dem Taxi sind Rationalisierungen möglich. So kann bspw. der Weg vom Gate zum Runway mit nur einem laufenden Triebwerk bestritten werden (Single Engine Taxi). Die Airlines sparen dadurch für die Taxiphasen pro Flug zwölf bis 36 kg Kerosin. Dies entspricht bei einem Kerosinpreis von 1,44 US-Dollar pro Gallone⁷ (einem Geldbetrag von 5,71 US-Dollar bis 17,12 US-Dollar pro Flug (vgl. [53]: S.2). Außerdem werden die bodennahen Emissionen im Flughafengebiet reduziert, was die Umwelt schont.

Für Airlines ist eine hohe Kapazitätsauslastung ihrer Flugzeuge entscheidend, die sich in einem hohen Sitz- bzw. Nutzladefaktor widerspiegelt. Die nutzbaren Kapazitäten können beispielsweise durch eine Erweiterung der Bestuhlungsdichte oder Modifikationen im Flugzeuginnenraum gesteigert werden. Diese Maßnahmen führen durch zusätzlich geschaffene Sitzplätze zu einer Senkung der Stückkosten.

Die Entscheidung der Airline für einen Linien- oder Gelegenheitsverkehr hat ebenfalls Auswirkungen auf die Effizienz. So erzielt der Gelegenheitsverkehr, auf einen einzelnen Flug betrachtet, eine höhere Kapazitätsauslastung, da die Passagiere gesammelt werden, indem Flüge zu bestimmten Zielorten in größeren zeitlichen Abständen stattfinden. Besonders NC bedienen sich am Linienverkehr in Form von Zu- und Abbringerflügen, welche dazu dienen, eine Passagierbündelung an einem Hub vorzunehmen und so eine hohe Auslastung der Langstreckenflüge zu erreichen. Dabei besteht die Herausforderung für die NC darin, ihre Feeder-Flüge bestmöglich auf die Langstreckenflüge abzustimmen. Diese Komplexität im Planungsaufwand besteht bei LC und LCC nicht, da diese das Point-to-Point-System anwenden. In Folge haben sie auch weniger Planungskosten. Zur Abwicklung der Point-to-Point-Verbindungen werden überwiegend Sekundärflughäfen genutzt, was zu geringeren Flughafengebühren und einer schnelleren Flugzeugabfertigung aufgrund der dort vorhandenen freien Kapazitäten führt. In einer Verbesserung der Verkehrsanbindung der Sekundärflughäfen besteht Optimierungsbedarf, den jedoch nicht die Airlines darstellen können. Durch eine verbesserte Anbindung würden die Sekundärflughäfen auch für NC eine interessante Alternative darstellen. Denn diese nutzen aktuell hauptsächlich die Primärflughäfen, an denen jedoch besonders zu Hauptverkehrszeiten große Kapazitätsengpässe vorherrschen. Diese Kapazitätsengpässe würden durch eine Kapazitätsumlagerung auf die eben beschriebenen Sekundärflughäfen beseitigt werden. Um das Aufnahmevermögen der Primärflughäfen zu steigern, bleibt andernfalls nur ein Flughafenausbau.

Eine denkbare Option für die Zukunft besteht auch im Überdenken des vorhandenen Nachtflugverbotes. Dies würde für die Airlines Vorteile mit sich bringen, da Kapazitätsengpässe, die durch zeitlich beschränkte Nutzungszeiten entstanden sind, dadurch wieder aufgehoben werden würden. Auch für die Flugsicherungen würde sich eine Aufhebung oder Entschärfung des Nachtflugverbotes positiv auswirken, da die Verkehrsströme entzerrt werden würden.

7.2 Fazit und Zukunftsausblick bezüglich der Flugsicherungen

Zur Durchsetzung der Grundprinzipien in den Bereichen Sicherheit, Umwelt, Kapazität, Verkehrsaufkommen und Kosteneffizienz des Single European Sky-Konzepts und dem Erreichen seines Hauptziels, der Schaffung eines einheitlichen europäischen Luftraums, müssen zunächst einheitliche Rahmenbedingungen und harmonisierte Gebührensätze in ganz Europa eingeführt werden. Mit den einheitlichen Rahmenbedingungen ist gemeint, dass

⁷ Laut US Energy Information Administration, Stand vom 30.05.2017

die verwendete Technik der einzelnen europäischen Flugsicherungen die gleichen Standards aufweisen muss, sodass europaweit identische Maßstäbe angesetzt werden können. Die Einführung eines einheitlichen Gebührensatzes könnte auf die in Kap. 5.5.3 beschriebene Art und Weise erfolgen. Seine Einführung hätte positive Auswirkungen für die Umwelt in Form von weniger Ressourcenverbrauch und Emissionen, auf die Kapazitätsauslastung des Luftraums und die Entzerrung von Verkehrsströmen. Somit wären auch die Grundvoraussetzungen für das neu entwickelte Gebührenmodell geschaffen, da dieses darauf aufbaut. Das neu entwickelte Gebührenmodell würde einen weiteren Schritt in Richtung Effizienzerhöhung in der Wertschöpfungskette darstellen. Detaillierte Informationen zu Optimierungen und deren Auswirkungen können den jeweiligen vorangegangenen Kapiteln entnommen werden, da die Nennung an dieser Stelle nur zu Wiederholung führen würde. Eine weitere Option für die Zukunft stellt eine Verlagerung von Flugsicherungsaufgaben auf Systeme oder Piloten dar, was durch die zukünftige Anwendung der neuartigen Technologie der 4D-Trajektorien möglich ist. So können Piloten zukünftig durch Technik wie das AFMS ehemalige Aufgaben der Fluglotsen übernehmen, wie beispielsweise die Selbst-Separation. Dadurch können wiederum Kosten auf Seiten der Flugsicherung eingespart bzw. Kapazitäten besser ausgeschöpft werden, da Personal frei wird.

In fernerer Zukunft und nach erfolgreicher Umsetzung eines einheitlichen europäischen Luftverkehrssystems kann auch über eine Angleichung der Gebührensysteme von Europa und nicht europäischen Ländern nachgedacht werden, um auch eine internationale Vergleichbarkeit und faire Wettbewerbsbedingungen zu erreichen.

8 Schlusswort

Zur Vollziehung einer gesamtheitlichen Optimierung des Wertschöpfungsprozesses des europäischen Luftverkehrssystems, ist das Zusammenspiel aller Akteure (Flugsicherung, Airlines, Flughäfen, Staat) notwendig. Ihr Vorgehen muss aufeinander abgestimmt werden und die von ihnen eingeleiteten Maßnahmen müssen sich ergänzen. Nur so wird es möglich sein die europäische Luftfahrt weltweit wettbewerbsfähig zu erhalten.

Literaturverzeichnis

- [1] Aerotask GmbH. 2015. *Warum fliegen Flugzeuge eine Warteschleife / Holding?* <http://aerotask.de/warum-fliegen-flugzeuge-eine-warteschleife-holding/>. Accessed 23 April 2017.
- [2] Air Transport Action Group ATAG. 2005. *The economic & social benefits of air transport*, Genf.
- [3] Airbus. o.J. A320Neo. <http://www.airbus.com/aircraftfamilies/passengeraircraft/a320family/a320neo/>. Accessed 19 April 2017.
- [4] Airbus. o.J. A330- 200. <http://www.airbus.com/aircraftfamilies/passengeraircraft/a330family/a330-200/>. Accessed 13 June 2017.
- [5] Alisch, K., Arentzen, U., and Winter, E. 2004. *Gabler- Wirtschaftslexikon*. Springer Fachmedien GmbH, Wiesbaden.
- [6] Baden Airpark. 2015. *Entgeltordnung für den Verkehrsflughafen Karlsruhe/Baden-Baden*.
- [7] Berster, P. 2015. *Prognose 2030. Über 70 Millionen zusätzliche Flugpassagiere in Deutschland*.
- [8] Bielefeld, M. 2015. Controlling the skies. *Lufthansa Magazin*.
- [9] Bredow, W. o.J. *Lexikon der Flugzeuge. Modelle, Technik, Daten, Fakten*. Stichwort: Boeing 737-300, Boeing 737- 800. <http://www.bredow-web.de/>. Accessed 11 June 2017.
- [10] Brockhagen, D. 2011. *atmosfair Airline Index. Dokumentation der Berechnungsmethode*, Berlin.
- [11] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. 2012. *Einheitlicher Europäischer Luftraum Single European Sky (SES)*.
- [12] Bundesverband der Deutschen Fluggesellschaften. 2015. *Flughafenentgelte*. http://www.bdf.aero/files/6814/2287/2214/8._Gebhren-_und_Entgeltbelastungen.pdf. Accessed 5 June 2017.
- [13] Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft e.V. 2014. *Informationen zum Thema Fluglärm*.
- [14] Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft e.V. 2015. *Report 2015. Energieeffizienz und Klimaschutz*, Berlin.
- [15] Bundesverband der Deutscher Fluggesellschaften. 2017. *Übersicht Infrastrukturkosten*. http://www.bdf.aero/files/9614/9606/8692/10._Nutzerfinanzierung.pdf. Accessed 10 June 2017.
- [16] Conrady, R., Fichert, F., and Sterzenbach, R. 2013. *Luftverkehr. Betriebswirtschaftliches Lehr- und Handbuch*. Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, München.
- [17] Das Europäische Parlament and Der Rat der Europäischen Union. 2009. *VERORDNUNG (EG) Nr. 1070/2009 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 21. Oktober 2009 zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 549/2004, (EG) Nr. 550/2004, (EG) Nr. 551/2004 und (EG) 552/2004 im Hinblick auf die Verbesserung der Leistung und Nachhaltigkeit des europäischen Luftverkehrssystems. VO (EG) Nr. 1070/2009*.
- [18] Deutsche Flugsicherung GmbH. o.J. *Gebühren*. https://www.dfs.de/dfs_homepage/de/Services/Geb%C3%BChren/. Accessed 27 April 2017.
- [19] Deutsche Flugsicherung GmbH. 2011. *Mobilitätsbericht 2010. Luftverkehr in Deutschland*, Langen.
- [20] Deutsche Flugsicherung GmbH. 2016. *Geschäftsbericht 2015. Das Geschäftsjahr 2015*, Langen.
- [21] Deutsche Flugsicherung GmbH. 2016. *Mobilitätsbericht 2015. Luftverkehr in Deutschland*, Langen.
- [22] Deutsche Flugsicherung GmbH. 2016. *Flugsicherungs-An- und Abfluggebühren*, Langen.
- [23] Deutsche Flugsicherung GmbH. 2017. *DFS startet im Wettbewerb durch. Deutsche Flugsicherung bündelt Drittgeschäft in neuer Tochtergesellschaft DFS Aviation Services*.
- [24] Deutsche Lufthansa AG. o.J. *Sitzpläne und technische Daten unserer Flotte*. <http://www.lufthansa.com/de/de/Sitzplaene>. Accessed 23 March 2017.
- [25] Deutsche Lufthansa AG. 2016. *Nachhaltigkeitsbericht. Balance*. Das Wichtigste zum Thema Nachhaltigkeit in der Lufthansa Group, Frankfurt am Main.
- [26] Deutsche Lufthansa AG. 2017. *Geschäftsbericht 2016*, Köln.
- [27] Deutsche Lufthansa AG. 2017. *Politikbrief 1/ 2017. Für Entscheider in Politik, Medien und Wirtschaft*, Frankfurt am Main.
- [28] Deutscher Bundestag. 1971. *Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm. FluLärmG*.
- [29] Deutscher Bundestag. 2006. *Unterrichtung durch die Bundesregierung. Sechzehntes Hauptgutachten der Monopolkommission 2004/2005*. 16. Wahlperiode, Drucksache 16/2460, Bonn.

- [30] Deutscher Bundestag. 2016. *Unterrichtung durch die Bundesregierung. Einundzwanzigstes Hauptgutachten der Monopolkommission 2016*. 18. Wahlperiode, Drucksache 18/9860, Bonn.
- [31] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt. 2014. *The Sectorless ATM Concept: Flight-centred ATC*, Braunschweig.
- [32] Dr. Bernd Korn and Alexander Kuenz. 2006. Flugzeuge für die Forschung. Wegweiser durch Raum und Zeit. Advanced Flight Management System erlaubt Flugführung in 4D. *DLR Nachrichten*, 115, 52–53.
- [33] Dr. Delhaye and Eef. 2016. *Introducing More Competition into ATM: Possible Institutional Designs – Qualitative assessment*.
- [34] Düsseldorf Airport. 2017. *Entgeldordnung für den Verkehrsflughafen Düsseldorf*.
- [35] Ebner, U. 2017. Gute Zeiten, enge Zeiten. *Flug Revue - Das Luft- und Raumfahrtmagazin* (Jun. 2017), 40–43.
- [36] Elias, B. 2015. *Air Traffic Inc.: Considerations Regarding the Corporatization of Air Traffic Control*.
- [37] Emirates Group. 2016. *Annual Report. 2015- 2016*.
- [38] Erwin von den Steinen. 1989. *Die Krise der europäischen Flugsicherung: Die Kosten und ihre Lösung. Teil 1: Europas Flugsicherungskrise*. Planungsbüro Luftraumnutzer.
- [39] EUROCONTROL. o.J. *About the Performance Review Commission and Unit*. <http://www.eurocontrol.int/articles/about-european-ans-performance-review>. Accessed 17 April 2017.
- [40] EUROCONTROL. o.J. *Single European Sky*. <http://www.eurocontrol.int/dossiers/single-european-sky>. Accessed 19 April 2017.
- [41] EUROCONTROL. o.J. *What is air traffic management?* <http://www.eurocontrol.int/articles/what-air-traffic-management>. Accessed 20 April 2017.
- [42] EUROCONTROL. 2008. *Continuous Descent Approach Implementation Guidance Information*.
- [43] EUROCONTROL. 2017. *CODA DIGEST Q1 2017. All-Causes Delay and Cancellations to Air Transport in Europe – Quarter 1 2017*. Edition Number: CDA_2017_001.
- [44] EUROCONTROL and Central Route Charges Office. 2017. *Monthly Adjusted Unit Rates*. <http://www.eurocontrol.int/services/monthly-adjusted-unit-rates>. Accessed 27 April 2017.
- [45] EUROCONTROL European Organisation for the Safety of Air Navigation and FAA Air Traffic Organization System Operations Services. 2016. *Comparison of Air Traffic Management-Related Operational Performance: U.S./Europe*.
- [46] Europäische Kommission. 2015. *Vertragsverletzungsverfahren im Juli: wichtigste Beschlüsse*, Brüssel.
- [47] Europäische Kommission Generaldirektion Energie und Verkehr. 2008. *SESAR- Modernisierung des Flugverkehrsmanagements in Europa*. Amt für Amtl. Veröff. der Europ. Gemeinschaften, Luxemburg.
- [48] Federal Aviation Administration. 2017. *Airport & Airway Trust Fund (AATF). FY2017 Status*. <https://www.faa.gov/about/budget/aatf/>. Accessed 14 June 2017.
- [49] Federal Aviation Administration. 2017. *Overflight Fees. Fees in U.S.-Controlled Airspace*. https://www.faa.gov/air_traffic/international_aviation/overflight_fees/. Accessed 1 May 2017.
- [50] Flightradar24 AB. o.J. *Flightradar24. Live Air Traffic*.
- [51] Gurwitsch, L. 2013. *Wissenschaftliche Grundlagen der Erdölverarbeitung*. Julius Springer Verlag, Berlin.
- [52] Herr, O. 1975. *Flugsicherung. Einführung in die Grundlagen*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York.
- [53] Hoyas, F. 2016. *Single Engine Taxi for CDM*.
- [54] International Air Transport Association. 2016. *Air Passenger Forecasts. Global Report*.
- [55] International Civil Aviation Organization. 2016. *Carbon Emmissions Calculator*. International Civil Aviation Organization.
- [56] Lufthansa Group. 2017. *Lufthansa Group hat im Januar 7,9 Millionen Passagiere befördert*.
- [57] Maurer, P. 2006. *Luftverkehrsmanagement. Basiswissen*. Edition Dienstleistungsmanagement. Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, München Wien.
- [58] Mensen, H. 1989. *Moderne Flugsicherung. Organisation, Verfahren, Technik*. Springer Vieweg Verlag, Berlin Heidelberg.
- [59] Mensen, H. 2003. *Handbuch der Luftfahrt*. Springer Vieweg Verlag, Berlin Heidelberg.
- [60] Office of the Federal Register and Federal Aviation Administration. 2016. *Federal Register/ Rules and Regulations/ Update of Overflight Fee Rates Vol. 81*.
- [61] Performance Review Commission. 2007. *Terms of Reference & Rules of Procedure 2003*.

- [62] Performance Review Commission. 2016. *Performance Review Report. An Assessment of Air Traffic Management in Europe during the Calendar Year 2015*. PRR 2015, Brüssel.
- [63] Performance Review Commission. 2017. *PERFORMANCE REVIEW REPORT. An assessment of Air Traffic Management in Europe during the calendar year 2016*. PRR 2016, Brüssel.
- [64] Polevka, H. 2009. *Luftverkehr ohne Staatsgrenzen- Single European Sky*.
- [65] Rat der Europäischen Gemeinschaften. 1993. *Verordnung des Rates über gemeinsame Regeln für die Zuweisung von Zeitnischen auf Flughäfen in der Gemeinschaft*. VO (EWG) 95/93.
- [66] SESAR Joint Undertaking. 2017. *Fact Sheet*.
- [67] Statista GmbH. 2016. *Europäische Union & Euro-Zone: Wachstum des realen Bruttoinlandsprodukts (BIP) von 2006 bis 2016*. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/156282/umfrage/entwicklung-des-bruttoinlandsprodukts-bip-in-der-eu-und-der-eurozone/>. Accessed 10 June 2017.
- [68] Statista GmbH. 2016. *Europäische Union: Bruttoinlandsprodukt (BIP) in den Mitgliedsstaaten in jeweiligen Preisen im Jahr 2016 (in Milliarden Euro)*. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/188776/umfrage/bruttoinlandsprodukt-bip-in-den-eu-laendern/>. Accessed 3 June 2017.
- [69] Statista GmbH. 2016. *Prognostizierte Entwicklung des weltweiten Luftfrachtverkehrs von 2013 bis 2033 (in Milliarden Tonnenkilometern)*. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/327092/umfrage/luftfracht-prognose-weltweit/>. Accessed 3 June 2017.
- [70] Thomas, M. 2017. *LUFTVERKEHR: EINHEITLICHER EUROPÄISCHER LUFTRAUM*.
- [71] Tröndle, G. 2001. *Berechnung flexibler 4D- Flight Management System Trajektorien für ökonomische und zeitgenaue Flugführung im zukünftigen Luftverkehr*. Dr. Köster Verlag, Berlin.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde nach meiner besten Kenntnis bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

München, den 05.07.2017

A handwritten signature in black ink, reading "J. Rösicke", written over a horizontal line.

Jeanine Rösicke